



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.*
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ESTACIÓN INTERMODAL EN TORRELAVEGA

Trabajo realizado por:

Denys Vlasjuk

Dirigido:

José Luis Moura Berodia

Borja Alonso Oreña

Titulación:

**Máster Universitario en
Ingeniería de Caminos, Canales y
Puertos**

Santander, Septiembre de 2018

TRABAJO FINAL DE MASTER



AGRADECIMIENTOS

Me gustaría aprovechar estas líneas para agradecer a todas las personas e Instituciones que contribuyeron, cada uno con su valioso aporte, en el desarrollo de este Trabajo de Fin de Máster.

En primer lugar me gustaría agradecer a mis directores, José Luis Moura y Borja Alonso por ayudarme con el aprendizaje del programa informático AimSun y con la resolución de las diferentes dudas surgidas a lo largo de este proyecto.

Seguidamente, agradecer a Noemí García del AimSun Customer Service por facilitarme la licencia del programa AimSun lo que facilitó mi aprendizaje del mismo programa.

Dar gracias, a mi compañero de clase Javier Fernández por darme consejos sobre el uso del programa AimSun.

Agradecimiento a todas aquellas personas que no he nombrado y que también han contribuido al desarrollo de este Trabajo de Fin de Master.

Por último, gracias a mi familia y amigos.



RESUMEN

Título: “Diseño y Dimensionamiento de Estación Intermodal en Torrelavega”

Autor: Denys Vlasyuk

Directores: JOSE LUIS MOURA BERODIA, BORJA ALONSO OREÑA

Convocatoria: Septiembre 2018

Palabras clave: Estación intermodal, micro simulación, transporte terrestre, transporte ferroviario, Estudio de demanda.

Resumen:

El transporte urbano constituye uno de los indicadores mas importantes de una población. Si ese transporte urbano funciona correctamente eso se traduce en menos congestiones en la ciudad, mejor calidad de aire y mayor atracción a la ciudad.

Por ello, con este Trabajo Fin de Master se pretende proponer un diseño operación y funcional de la estación intermodal ubicada en Torrelavega, Cantabria. Para lograrlo se ha hecho un estudio de demanda de pasajeros de cada modo de transporte que va a operar en la estación intermodal. Con los datos de demanda obtenidos se ha procedido a diseñar la nueva estación teniendo en cuenta el espacio disponible, las condiciones de la ubicación y las exigencias establecidas.

Seguidamente se han diseñado nuevos viales de acceso a la estación y se han modificado algunos existentes para dar mayor capacidad a la mismas para satisfacer la nueva demanda de vehículos de todo tipo.

Una vez establecida la nueva red, la misma se ha trasladado al programa informático AimSun para su posterior simulación. Con los resultados obtenidos se han modificado las zonas que peores resultados daban hasta conseguir una red estable.

A través de esa simulación se ha llegado a la conclusión de que el diseño y dimensionamiento de la estación son correctos y permiten el desplazamiento tanto de autobuses como de pasajeros de forma cómoda y segura.



Por ultimo se han dibujado diferentes planos en AutoCAD con el fin de dar una mayor visión al lector sobre el diseño de la nueva estación intermodal en Torrelavega.



ABSTRACT

Title: "Design and dimensioning of Intermodal Station in Torrelavega"

Author: Denys Vlasyuk

Directors: JOSE LUIS MOURA BERODIA, BORJA ALONSO OREÑA

Call: September 2018

Key words: Intermodal station, micro simulation, land transport, rail transport, Demand study.

Abstract:

Urban transport is one of the most important indicators of a city. If this urban transport works correctly, this translates into less congestion in the city, better air quality and greater attraction to the city.

For this reason, this Master's Project aims to propose an operational and functional design of the intermodal station located in Torrelavega, Cantabria. To achieve this, a passenger demand study of each mode of transport that will operate in the intermodal station has been calculated. With the demand data obtained, the new station has been designed considering the available space, the conditions of the location and the established requirements.

Next, new vials to access the station have been designed and some existing ones have been modified to give it more capacity to satisfy the new demand for vehicles of all types.

Once the new network is established, it has been transferred to the AimSun computer program for further simulation. With the results obtained, the areas with the worst results were modified until a stable network was obtained.

Through this simulation it has been concluded that the design and sizing of the station are correct and allow the displacement of buses and passengers in a comfortable and safe manner.

Finally, different plans have been drawn in AutoCAD in order to give a better vision to reader about the design of the new intermodal station in Torrelavega.



ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	- 10 -
1.1. ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO	- 10 -
1.2 OBJETIVOS	- 12 -
1.2 ZONA DE ESTUDIO	- 12 -
1.3 PROBLEMÁTICA.....	- 15 -
2. DATOS DE PARTIDA	- 17 -
2.1 Líneas actuales de autobuses urbanos de Torrelavega (Torrebus)	- 17 -
2.2 Líneas actuales de autobuses interurbanos	- 18 -
2.3 Estudio de demanda. Pasajeros de Autobuses.....	- 20 -
2.3 Datos de pasajeros. Demanda de FEVE.	- 23 -
2.4 Datos del número de personal necesario en la estación.	- 24 -
2.5 Peatones transitorios.....	- 24 -
2.6 Peatones totales	- 25 -
3. METODOLOGÍA	- 26 -
3.1 Capacidad	- 26 -
3.1.1 Capacidad de personas	- 26 -
3.1.2 Capacidad de vehículos.....	- 27 -
3.1.3 Capacidad de las paradas.....	- 27 -
3.1.4 Tiempo de operación	- 28 -
3.1.4.2 Cálculo del tiempo de operación	- 29 -
3.1.5 Tiempo de despeje	- 33 -
3.1.6 Tiempo de margen de operación.....	- 33 -
3.2 Diseño de la zona de dársenas	- 37 -
3.2.1 Espacio disponible	- 37 -
3.2.2 Número de dársenas necesarias.....	- 38 -



3.2.3 Entrada y Salida de autobuses de la estación.....	- 43 -
3.2.4 Forma, dimensiones y diseño de las dársenas.....	- 44 -
3.3 DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE TRENES.....	- 47 -
3.3.1 DATOS.....	- 48 -
3.3.2 Dimensionamiento para 15 minutos punta	- 48 -
3.3.3 Circulación de peatones.....	- 48 -
3.3.3 Dimensionamiento de escaleras.....	- 51 -
3.3.4 Dimensionamiento del andén	- 55 -
3.3.5 Dimensionamiento zona de pasillos	- 57 -
3.3.6 Superficie total necesaria.....	- 60 -
3.3.7 Comprobación de la zona de andén en caso de evacuación.....	- 61 -
3.4 Dimensionamiento y diseño de la estación.....	- 62 -
3.4.1 Situación actual	- 62 -
3.4.2 Diseño propuesto	- 63 -
3.4.3 MAQUINAS EXPENDEDORAS DE BILLETES.....	- 68 -
3.4.4 ASCENSORES.....	- 70 -
3.4.5 TORNOS Y CONTROLES DE ACCESO	- 71 -
4. PROPUESTA DE DISEÑO	- 72 -
4.1 Diseño completo de la planta del interior del edificio la estación.....	- 72 -
4.2 Diseño de la planta general de la estación y sus exteriores.	- 76 -
4.2.1 Zona de las dársenas.....	- 76 -
4.2.2 Diseño de la zona adjunta a la estación	- 77 -
5. SIMULACIÓN	- 78 -
5.1 Definición del modelo	- 79 -
5.1.1 Área de trabajo.....	- 79 -
5.1.2 Demanda de vehículos.....	- 81 -
5.1.3 Red de transporte público.....	- 85 -
5.1.4 Red de peatones (Legion).....	- 87 -
5.2 Resultados obtenidos.....	- 91 -
6. CONCLUSIONES	- 95 -
ANEXO 1: PLANOS.....	- 97 -



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

IMAGEN 1: MODOS DE TRANSPORTE EN LA ESTACIÓN INTERMODAL FUENTE: (GOOGLE).....	- 12 -
IMAGEN 2: UBICACIÓN DE TORRELAVEGA EN ESPAÑA FUENTE: (HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/TORRELAVEGA). -	13 -
IMAGEN 3: ZONA DE ESTUDIO FUENTE (GOOGLE MAPS)	- 14 -
IMAGEN 4: UBICACIÓN DE LAS CARRETERAS MÁS IMPORTANTES DE LA ZONA FUENTE (GOOGLE MAPS)	- 14 -
IMAGEN 5: EL ÁREA DE TRABAJO PREVISTO FUENTE: (GOOGLE MAPS)	- 15 -
IMAGEN 6: PLANO DE LÍNEAS DE AUTOBUSES URBANOS DE TORRELAVEGA FUENTE: (HTTP://WWW.TORREBUS.ES/)	- 18 -
IMAGEN 7: MAQUINAS VALIDADORAS CONTACTLESS.....	- 31 -
IMAGEN 8: % DE PASAJEROS QUE SUBEN/BAJAN POR LA PUERTAS MAS CARGAS EN FUNCIÓN DEL NUMERO DE PUERTAS FUENTE: (MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO)).....	- 32 -
IMAGEN 9: PROBABILIDAD DE FALLO FUENTE: (MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO).....	- 36 -
IMAGEN 10: PROBABILIDAD DE FALLO EN OPERACIONES FUENTE: (MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO)	- 36 -
IMAGEN 11: EL ÁREA DESTINADO A LA ESTACIÓN FUENTE: (GOOGLE MAPS)	- 38 -
IMAGEN 12: DEMANDA DE DÁRSENAS EN PERIODO PUNTA FUENTE: PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE OPERACIÓN DE LAS LÍNEAS REGIONALES Y URBANAS EN EL ENTORNO DE LA ESTACIÓN DE AUTOBUSES DE TORRELAVEGA).....	- 43 -
IMAGEN 13: PARADA TIPO LINEAR FUENTE: (MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO).....	- 44 -
IMAGEN 14: PARADA EN DIENTE DE SIERRA FUENTE: (MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO).....	- 44 -
IMAGEN 15: PARADA EN ÁNGULO FUENTE: (MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO).....	- 45 -
IMAGEN 16: PARADA DRIVE-THROUGH FUENTE: (MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO).....	- 45 -
IMAGEN 17: RECOMENDACIONES SOBRE LAS DIMENSIONES DE LAS DÁRSENAS FUENTE: (DISEÑO DE ESTACIONES DE AUTOBUSES. VICENTE OLALLA)	- 46 -
IMAGEN 18: REPARTO DE DÁRSENAS EN LA NUEVA ESTACIÓN INTERMODAL FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA EN AUTOCAD)	- 47 -
IMAGEN 19: RELACIÓN VELOCIDAD-DENSIDAD.....	- 50 -



IMAGEN 20: RELACIÓN INTENSIDAD - ESPACIO PEATONAL	- 51 -
IMAGEN 21: CAPACIDAD DE ESCALERAS EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO FUENTE: (MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO).....	- 52 -
IMAGEN 22: CAPACIDAD DE LAS ESCALERAS MECÁNICAS FUENTE: (MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO).....	- 53 -
IMAGEN 23: PLANTA DEL CONJUNTO DE ESCALERAS FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)	- 54 -
IMAGEN 24: ÁREA NECESARIA EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO FUENTE: (MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO).....	- 56 -
IMAGEN 25: FLUJO DE PEATONES POR UNIDAD DE ANCHURA EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO FUENTE: (MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO).....	- 60 -
IMAGEN 26: PLANTA DE LA ESTACIÓN DE FEVE FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)	- 61 -
IMAGEN 27: PLANTA DE LA ESTACIÓN DE FEVE CON LA ESCALERA DE EMERGENCIA FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)	- 62 -
IMAGEN 28: ESTADO ACTUAL DE LA ESTACIÓN FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA).....	- 63 -
IMAGEN 29: PUERTAS AUTOMÁTICAS DE ENTRADA	- 64 -
IMAGEN 30: FLUJO DE PEATONES POR UNIDAD DE ANCHURA EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO FUENTE: (MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO).....	- 65 -
IMAGEN 31: CAPACIDAD DE ENTRADA DE PEATONES EN FUNCIÓN DEL TIPO DE PUERTA FUENTE: (MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO)	- 66 -
IMAGEN 32: DIMENSIONES DE LAS TAQUILLAS FUENTE: (DISEÑO DE ESTACIONES DE AUTOBUSES. VICENTE OLALLA)	- 68 -
IMAGEN 33: MAQUINA EXPENDEDORA TIPO	- 70 -
IMAGEN 34: ASCENSORES NECESARIOS FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA).....	- 71 -
IMAGEN 35: CAPACIDAD DE LOS ACCESOS DE CONTROL EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CONTROL FUENTE: (MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO)	- 71 -
IMAGEN 36: EJEMPLO DE TORNOS DE CONTROL	- 72 -
IMAGEN 37: PLANTA GENERAL DEL INTERIOR DEL EDIFICIO	- 73 -
IMAGEN 38: PLANTA GENERAL DEL INTERIOR DEL EDIFICIO (AMPLIADA)	- 74 -
IMAGEN 39: PLANTA GENERAL DE LA PLANTA DE OFICINAS DEL EDIFICIO DE LA ESTACIÓN.....	- 75 -
IMAGEN 40: PLANTA GENERAL DE LA ZONA DE LAS DÁRSENAS FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)	- 77 -
IMAGEN 41: PLANTA GENERAL DE LA ZONA EXTERIOR DE LA ESTACIÓN FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)	- 78 -
IMAGEN 42: RED EN AIMSUN FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA EN AIMSUN)	- 79 -
IMAGEN 43: RED DE AIMSUN CON LOS NUEVOS VIALES FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA EN AIMSUN)	- 80 -
IMAGEN 44: SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA FUENTE: (GOOGLE MAPS)	- 81 -
IMAGEN 45: ENTRADAS A LA CIUDAD FUENTE: (GOOGLE MAPS)	- 82 -
IMAGEN 46: UBICACIÓN DE CENTROIDES EN LA RED FUENTE: (GOOGLE MAPS).....	- 83 -



IMAGEN 47: MATRIZ ORIGEN-DESTINO DE VEHÍCULOS LIGEROS FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA EN AIMSUN).	- 84 -
IMAGEN 48: MATRIZ ORIGEN-DESTINO DE VEHÍCULOS PESADOS FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA EN AIMSUN)	- 84 -
IMAGEN 49: RECORRIDO DE UNA LÍNEA FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA EN AIMSUN)	- 87 -
IMAGEN 50: ÁREA PEATONAL EN AIMSUN FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA EN AIMSUN).....	- 88 -
IMAGEN 51: OBSTÁCULOS DEFINIDOS EN EL AIMSUN FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA EN AIMSUN).....	- 89 -
IMAGEN 52: NODOS DE DECISIÓN DEFINIDOS EN EL AIMSUN FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA EN AIMSUN)	- 90 -
IMAGEN 53: CENTROIDES DE PEATONES EN UNA PARADA DE AUTOBUSES EN AIMSUN FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA EN AIMSUN)	- 91 -
IMAGEN 54: RESULTADOS DE LA MICRO SIMULACIÓN DE LA RED EN AIMSUN FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA EN AIMSUN).....	- 92 -
IMAGEN 55: RESULTADOS DE LA MICRO SIMULACIÓN DE LA RED EN AIMSUN 2 FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA EN AIMSUN).....	- 94 -
TABLA 1:HIPÓTESIS DEL NÚMERO DE PASAJEROS EN CADA AUTOBÚS FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)	- 21 -
TABLA 2: LÍNEAS QUE LLEGAN A LA ESTACIÓN EN HORA PUNTA FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)	- 22 -
TABLA 3: ESTIMACIÓN DE NÚMERO DE PASAJEROS EN FEVE FUENTE (ELABORACIÓN PROPIA)	- 23 -
TABLA 4: NÚMERO DE TRABAJADORES EN LA ESTACIÓN FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)	- 24 -
TABLA 5: EL NÚMERO DE PASAJEROS EN LA HORA PUNTA FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA).....	- 25 -
TABLA 6: TIEMPO DE OPERACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE PAGO FUENTE: (MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO).....	- 31 -
TABLA 7: SUPERFICIE DE LA PLATAFORMA FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA).....	- 60 -
TABLA 8: LÍNEAS INTERURBANAS DEFINIDAS EN EL PROGRAMA FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)	- 86 -



1. INTRODUCCIÓN

La ubicación actual en la que se encuentran la estación de autobuses y la estación FEVE de Torrelavega hacen imposible el concepto de estación intermodal. El objetivo principal de una estación intermodal es articular diferentes modos de transporte en una sola estación. La estación de autobuses de Torrelavega se encuentra a 1,2 km de la estación FEVE. Por otro lado, las vías de la estación crean un efecto barrera que parten la ciudad en dos. La solución es unificar la estación de autobuses y estación FEVE en una única estación. Dicha solución es posible debido a soterramiento de las vías, que aliviará los problemas de ciudad y liberará cerca de 40.000 m² de suelo en los que se plantean diferentes alternativas, entre ellas la construcción de estación intermodal.

Este proyecto se redacta suponiendo que las vías están soterradas y suelo ganado esta disponible para la ejecución de obras correspondientes al presente proyecto.

Este trabajo Fin de Master abarcará el diseño operacional de la nueva estación, reordenación de los espacios circundantes y creación espacios públicos verdes para uso y disfrute de lo ciudadanos. Para justificar la elección de diseño propuesto en el presente proyecto se ha hecho análisis de micro simulación de

El estudio se basa en proponer diseño de la estación intermodal con el fin de poder dar servicio de transporte de pasajeros de calidad.

El estudio de la demanda de pasajeros se ha basado en diferentes datos obtenidos en campo y obtenidos a través de diferentes hipótesis. En algunos casos se ha sobredimensionado el número de pasajeros, autobuses o coches con el objetivo de ofrecer buen nivel de capacidad ante unos posibles incrementos del número de pasajeros.

1.1. ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO

Se realiza a continuación un breve recorrido de los apartados que consta el documento.



- **CAPÍTULO 1:** El capítulo 1 trata de dar una imagen global sobre el proyecto. Además de ubicar al lector en la zona se explicará la problemática que ha llevado a cabo la redacción de este proyecto.
- **CAPÍTULO 2:** En el capítulo 2 se mostrará la base de datos de datos que se tiene para la redacción del presente proyecto. A lo largo de este apartado se describirán las diferentes hipótesis tomadas para obtener datos que de los que no se disponía.
- **CAPÍTULO 3:** A lo largo de este capítulo se expondrán las diferentes metodologías empleadas para obtener diferentes indicadores necesarios para la comprobación de una red de transporte. Estos indicadores darán una información al diseñador sobre el funcionamiento de la red de transporte.
- **CAPÍTULO 4:** Este capítulo tratará de explicar el diseño definitivo elegido. Se divide en varios apartados que corresponden a diseño de la zonas de las dársenas, del interior del edificio de la estación y de la zona frente a la entrada a la estación.
- **CAPÍTULO 5:** El capítulo 5 tratará de explicar como se ha realizado la simulación con el programa informático AIMSUN.
- **CAPITULO 6:** sintetiza las ideas fundamentales y relevantes de cada uno de los capítulos anteriores
- **CAPÍTULO 7:** se indican todas las fuentes consultadas a lo largo de realización del trabajo.
- **ANEXO 1:** En el mismo se recogen los planos de la nueva estación intermodal.

1.2 OBJETIVOS

El proyecto de Estación Intermodal de Torrelavega se basa en el diseño operacional y dimensionamiento de la estación, alrededores y los viales de conexión cercanos. A lo largo de este estudio se van a estudiar los siguientes puntos:

- Satisfacer la máxima demanda posible tanto de viajeros de autobuses como de viajero de FEVE.
- Integrar los diferentes modos de transporte dando lugar a una estación intermodal.
 - Transporte urbano rodado
 - Transporte ferroviario
 - Transporte en bici
 - Transporte en vehículo / taxi
 - Transporte a pie
- Ofrecer todas las comodidades necesarias al pasajero durante su espera en la estación
- Diseñar las dársenas de modo que se aproveche al máximo el espacio disponible.
- Diseñar aparcamiento de vehículos privados
- Diseñar la zona de taxis



*Imagen 1: Modos de transporte en la estación intermodal
Fuente: (GOOGLE)*

1.2 ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra en España, en la provincia de Cantabria en la población Torrelavega.



Imagen 2: Ubicación de Torrelavega en España
Fuente: (<https://es.wikipedia.org/wiki/Torrelavega>)

La zona de estudio corresponde a la actual estación de FEVE, su ubicación se puede ver en la imagen de la siguiente página.



Imagen 3: Zona de estudio
Fuente (Google Maps)

Se ha elegido esta zona para la estación intermodal por los siguientes motivos:

- Su ubicación permite la conexión con los principales viales que dan acceso a la Autovía A-8 y la carretera nacional N-611



Imagen 4: Ubicación de las carreteras más importantes de la zona
Fuente (Google Maps)

- Como uno de los objetivos es la intermodalidad, la disponibilidad del terreno después de soterrar las vías se ofrecerá un espacio suficiente para la integración de todos los servicios necesarios.



Imagen 5: El área de trabajo previsto
Fuente: (Google Maps)

1.3 PROBLEMÁTICA

La actual Estación de Autobuses de la Granja Poch de Torrelavega ha sido, desde su puesta en servicio un importante lugar de tránsito de viajeros, el cual se ha visto incrementado con la reordenación realizada hace unos años y que centralizó en dicha estación la operación de las líneas de cercanías que tradicionalmente tenían como cabecera diversas calles de la ciudad. Así, las líneas de Polanco, Suances, Renedo, Santillana, San Vicente-Comillas, Los Corrales y Mogro partían desde las calles Ceferino



Calderón (2), Berta Perogordo, Estación de FEVE (2), González Linares y Julián Urbina respectivamente.

Debido a la centralización de todas esas líneas en la estación de autobuses, más el constante refuerzo en los servicios por parte de la empresa ALSA entre Torrelavega y Santander, con servicios especiales a la UC, la capacidad ofertada por la misma se ha visto en determinados periodos punta del día insuficiente para acomodar el tráfico de autobuses que deben operar en ella.

Por otra parte, diversos aspectos de diseño motivaron que la capacidad práctica actual se reduzca de las 19 dársenas previstas a solamente 14, lo que dificulta aún más la gestión interna de los vehículos.

Este problema de capacidad viene siendo común en diversas estaciones nacionales, siendo un ejemplo de mayor escala la estación de autobuses de Santander. De hecho, este grupo de I+D presentó ya hace unos meses un informe con la propuesta de aumentar la capacidad mediante la habilitación de más dársenas exteriores, concretamente en la calle Cádiz, para favorecer la operación mixta de transporte de cercanías y su intermodalidad con TUS.

Por último, y no por ello menos importante, el actual servicio de transporte urbano de la ciudad, el Torrebús, fue concebido con la premisa básica de potenciar la intermodalidad con los servicios comarcales, asumiendo una futura estación de autobuses en la finca de “La Carmencita”, localización esta que ya en la actualidad ha sido descartada. Este hecho implica que en la actualidad solamente una línea, la línea 2, pase cercana a la actual estación de autobuses, realizando la parada en la calle Fernández Vallejo, a unos 120 metros de la entrada peatonal a la estación.

2. DATOS DE PARTIDA

A continuación, se cita una serie de datos que se van a emplear para el desarrollo del presente proyecto. Parte de dicha información se ha obtenido a través de los portales web y otra parte se ha proporcionado por el departamento de Transporte de la Universidad de Cantabria.

- Líneas actuales de autobuses urbanos de Torrelavega (Torrebus)
- Líneas actuales de autobuses interurbanos
- Tipos de autobuses
- Líneas actuales de trenes de cercanía (FEVE)
- Estudio sobre el número de dársenas necesarias en la nueva estación

2.1 Líneas actuales de autobuses urbanos de Torrelavega (Torrebus)

La red de transporte urbano de Torrelavega cuenta actualmente con 6 líneas. Todas las líneas son lineales. La principal aglomeración de las líneas se encuentra en las siguientes calles:

- José Posada Herrera → 2 líneas (L1 y L3)
- Paseo de Julio Hauzeur → 4 líneas (L1, L3, L5 y L6)
- Augusto Gonzáles Linares. → 4 líneas (L1, L2, L3, y L5)

Como se puede observar hay un exceso de líneas en ciertos tramos mientras que otras zonas de igual o mayor importancia tienen una falta de conexiones necesarias.

Actualmente ningún autobús pasa por la estación FEVE, lo que dificulta la comunicación del transporte urbano con el tren de cercanías, lo que se traduce en un uso reducido del transporte público aumentando el uso del transporte privado.

La modificación del recorrido de algunas de las líneas urbanas permite mejorar la conexión de la ciudad con la estación intermodal, que a aumentará el número de pasajeros debido a la introducción del término intermodalidad que se traduce en juntar la estación de autobuses y la estación FEVE en una única estación.

A continuación, se muestra imagen con el mapa de las líneas de Torrebus:



Imagen 6: Plano de líneas de autobuses urbanos de Torrelavega
Fuente: (<http://www.torrebus.es/>)

2.2 Líneas actuales de autobuses interurbanos

La estación de autobuses de Torrelavega actualmente se sitúa en una ubicación que por diferentes motivos no permite un funcionamiento adecuado. A pesar de eso, son



numerosas líneas interurbanas que realizan sus paradas en Torrelavega. Se ha hecho un estudio sobre las llegadas y salidas de los diferentes autobuses con el fin de obtener información sobre la demanda de dárseles en horas punta.

A continuación, se citan las empresas que prestan servicio:

- ALSA
- A. ALONSO
- A. CALDERON
- CANTABRICA
- CASANOVA
- J. RUIZ
- I. CASANOVA
- PALOMERA
- TURYTRANS

A continuación, se citan los itinerarios que como parte de la ruta tienen la para en la estación de Torrelavega:

- Torrelavega-Mogro
- Rio Cabo-Cementerio
- Torrelavega-Cos
- Torrelavega-Renedo
- GIJON-BILBAO
- GIJON-SANTANDER
- GIJON-SANTANDER-BILBAO-IRUN
- IRUN-EIBAR-TORRELAVEGA
- IRUN-LLANES (FRONT.FRANCESA)
- IRUN-SANTIAGO



- IRUN-TUY
- LEON-SANTANDER (POR OSORNO)
- MADRID-SAN VICENTE BARQUERA
- MADRID-SANTANDER I
- SANTANDER-LEON (POR OSORNO)
- SANTANDER-SALAMANCA
- TORRELAVEGA-EIBAR-IRUN
- Torrelavega - Cobreces
- Torrelavega-Suances
- Cieza-Torrelavega
- Selaya-Torrelavega
- Torrelavega-San Felices
- Torrelavega-Villasuso
- Rinconeda - Torrelavega
- Rumoroso-Polanco-Torrelavega
- Potes - Santander
- Torrelavega - Renedo de Cabuerniga
- Torrelavega-Santillana
- Reinosa-Santander
- Santander - Pejanda
- Solares-Torrelavega
- Torrelavega-Santander

2.3 Estudio de demanda. Pasajeros de Autobuses.

Con el fin de poder dimensionar correctamente los espacios de la estación como son la zona de espera, puertas, pasillo, ascensores y las zonas de paso de pasajeros es necesario disponer del número de pasajeros que van en cada autobús, tren, etc. Como

no se dispone de tal estudio, se supondrán diferentes hipótesis para obtener la peor posible situación.

Según el estudio realizado por el departamento de Transporte de la Universidad de Cantabria, la hora punta de llegada de autobuses se produce de 8 a 9 de la mañana, y de 15 a 16 horas. Por lo tanto, se hará la hipótesis para uno de esos casos.

La hipótesis adoptada es la siguiente:

Asientos/bus	45	De media
Ocupación	85%	Solo en líneas que tienen origen o destino como Torrelavega
% pasajeros que se suben o se bajan en Torrelavega	30%	Solo en líneas que no tienen origen o destino como Torrelavega

*Tabla 1: Hipótesis del número de pasajeros en cada autobús
Fuente: (Elaboración propia)*

- Los autobuses tienen de entre 35 a 50 plazas, se ha cogido una media de 45 asientos por cada autobús.
- Como el estudio sobre el número de pasajeros se hace en hora punta, se va a considerar una ocupación alta en las líneas que tienen como origen o destino en Torrelavega.
- Las líneas que no empiezan o terminan sus recorrido en la estación de Torrelavega se supondrá que tendrán una ocupación de 30% que se bajan o se suben en Torrelavega.

A continuación, se muestra tabla con la hipótesis elegida:



Diseño y Dimensionamiento de Estación Intermodal de Torrelavega

<i>Línea</i>	<i>Hora llegada</i>	<i>Hora salida</i>	<i>Nº líneas / día</i>	<i>Nº líneas / hora punta</i>	<i>Pasajeros/bus</i>	<i>Pasajeros totales</i>
Rinconeda - Torrelavega	8:05	8:30	13	1	38	38
Torrelavega-Renedo	8:10	9:40	5	1	38	38
Madrid - Santander	8:10	8:30	8	1	14	14
Selaya-Torrelavega	8:10	9:00	1	1	38	38
Torrelavega - Cobreces	8:20	8:55	4	1	38	38
Reinosa-Santander	8:20	8:40	32	2	14	27
Torrelavega-Mogro	8:25	9:00	13	1	38	38
Torrelavega-Suances	8:25	9:00	15	1	38	38
Potes - Santander	8:35	8:55	4	1	14	14
Santander - Valladolid - Sevilla	8:45	9:05	2	1	14	14
Rinconeda - Torrelavega	8:45	9:10	13	1	38	38
Llanes - Irun	8:45	9:05	1	1	14	14
Gijón - Santander	8:50	9:10	2	1	14	14
Santander - Pejanda	8:50	9:10	2	1	14	14
Torrelavega-Santander	8:53	9:25	47	3	38	114
Santander-Las Presillas-Torrelavega	8:55	9:25	3	1	38	38
Torrelavega-Santillana	9:05	9:40	14	1	38	38

TOTAL	565
--------------	-----

Tabla 2: Líneas que llegan a la estación en hora punta
Fuente: (Elaboración propia)

2.3 Datos de pasajeros. Demanda de FEVE.

La demanda se ha basado en un estudio realizado por el departamento de Transporte de la Universidad de Cantabria. Dicho estudio se ha realizado recientemente en la estación FEVE de Torrelavega. El objeto de estudio fue determinar el número de pasajeros que utilizaban los servicios de FEVE en la estación de Torrelavega de Lunes a Viernes.

Los datos del estudio se detallan a continuación.

	<i>Nº pasajeros / Semana (De Lunes a Viernes)</i>	<i>Nº pasajeros / diarios</i>	<i>Nº pasajeros / hora</i>	<i>Nº pasajeros / hora punta</i>	<i>Nº pasajeros / hora punta / festivo</i>
<i>Torrelavega a Origen:</i>	6000	120 0	7 1	360	144
<i>Torrelavega a Destino:</i>	5800	116 0	6 8	348	139

*Tabla 3: Estimación de número de pasajeros en FEVE
Fuente (Elaboración propia)*

El funcionamiento de FEVE empieza a las 6 de la mañana y termina a las 23 horas. Como se dispone de datos semanales, se han obtenido datos diarios y posteriormente datos de la demanda horaria.

Se ha supuesto que en las horas punta la demanda supone el 30% de la demanda diaria. En los fines de semana la demanda supone el 40% de la demanda diaria.

2.4 Datos del número de personal necesario en la estación.

A parte de pasajeros en la estación siempre hay gente que trabaja en la misma, por lo tanto, hay que incluirlos en el número total de peatones en la estación.

	<i>Nº de personas</i>
<i>Taquillas autobuses</i>	12
<i>Puesto de Información</i>	1
<i>Comercios</i>	4
<i>Consigna</i>	1
<i>Restaurantes</i>	6
<i>Taquillas FEVE</i>	4
<i>Personal de Limpieza</i>	5
<i>Personal de mantenimiento</i>	5
<i>Personal de Seguridad</i>	6
<i>Mecánicos de autobuses</i>	3
<i>Personal de control de Autobuses</i>	6
<i>Personal de Control de FEVE</i>	6
Total	59

Tabla 4: Número de trabajadores en la estación
Fuente: (Elaboración propia)

2.5 Peatones transitorios

Hay que tener en cuenta que aparte de los pasajeros y el personal de la estación, habrá personas que no van a utilizar ningún tipo de servicio de transporte, sino que van a estar ahí por otras razones.



Se va a suponer que el número de esos peatones es del 10% del número de peatones en la hora punta.

<i>Peatones transitorios</i>	90
-------------------------------------	----

2.6 Peatones totales

En los apartados anteriores se han descrito los distintos peatones que se han considerado para el diseño de la estación.

A continuación, se muestra una tabla resumen con todos los peatones considerados.

<i>Procedencia</i>	<i>Nº de peatones</i>
Autobuses	565
FEVE	283
Personal de la estación	59
Transitorios	90
<i>Total (año de estudio)</i>	<i>997</i>

*Tabla 5: El número de pasajeros en la hora punta
Fuente: (Elaboración propia)*

El número de peatones estimados para el año de estudio es de 997. Este número es bastante elevado ya que en algunas hipótesis se ha sobredimensionado el número de peatones. Este sobredimensionamiento se ha hecho de cara a un futuro crecimiento de población y usuarios de la estación.



3. METODOLOGÍA

El principal objetivo de este apartado es establecer una metodología a seguir para obtener los diferentes indicadores sobre el funcionamiento del transporte urbano e interurbanos que nos permitan diseñar correctamente la estación, las paradas y todos los elementos involucrados.

A día de hoy el manual más usado en todo el mundo es “***Transit Capacity and Quality of Service Manual***” que se traduce al castellano como “***Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público***”.

3.1 Capacidad

El servicio de transporte público se enfoca en mover personas de un lugar a otro. En consecuencia, la capacidad de tránsito se centra más en la cantidad de personas que pueden recibir el servicio en un período de tiempo determinado (capacidad de la persona) que en el número de vehículos de tránsito atendidos por una instalación de tránsito (capacidad de la instalación o de la línea). Sin embargo, determinar la capacidad del vehículo a menudo es un primer paso necesario para determinar la capacidad de la persona.

3.1.1 Capacidad de personas

La cantidad de personas que pueden ser atendidas por una instalación de tránsito en particular depende de varios factores, algunos bajo el control del operador de tránsito y otros no. En su nivel más básico, la capacidad de los peatones (personas por hora) es el producto de la capacidad de la instalación (vehículos por hora) y la capacidad del pasajero del vehículo (personas por vehículo).



3.1.2 Capacidad de vehículos

La cantidad máxima de vehículos de tránsito (autobuses, trenes, embarcaciones, etc.) que pueden pasar por un lugar determinado durante un período de tiempo determinado a un nivel específico de confiabilidad.

3.1.3 Capacidad de las paradas

La capacidad de una parada está restringida por:

- a) Características de parada de los buses y servicios de buses y pasajeros
- b) El número y el tipo de autobuses que operan
- c) La distribución de la demanda de los pasajeros

Las paradas de bus son puntos críticos en cuanto a que constituyen un punto de detención y, por lo tanto, son cuellos de botella del sistema. Son áreas con una capacidad máxima, es decir, habrá un número máximo de buses que podrán utilizar una parada en un periodo de tiempo determinado.

El Manual de Capacidad de Transporte Público norteamericano (Transit Capacity and Quality of Service, en adelante TCQSM) presenta métodos para calcular la capacidad de una parada.

El TCQS establece la siguiente fórmula para estimar la capacidad de una parada:

$$B_t = \frac{3600(g/C)}{t_c + t_d \left(\frac{g}{C}\right) + t_{om}} = \frac{3600(g/C)}{t_c + t_d \left(\frac{g}{C}\right) + (Z + C_v + t_d)}$$

Siendo:

- B_t : Capacidad del área de parada (bus/hora)
- 3600: numero de segundos en 1 hora
- g/C : razón de verde efectivo del semáforo de influencia en la parada (si lo hubiera).
- t_c : tiempo de despeje entre dos buses consecutivos (sg.)
- t_d : tiempo de operación efectivo en la parada (sg.)
- t_{om} : tiempo de margen de operación (sg.)
- c_v : coeficiente de variación del tiempo de ocupación
- Z : variable de distribución normal correspondiente a la tasa de fallo de diseño

Como se puede observar, la demanda no es un valor fijo, sino que depende de la demanda de las líneas. A mayor demanda menor es la capacidad del servicio.

3.1.4 Tiempo de operación

El tiempo de operación (Dwell time t_d) es el tiempo que el autobús pasa en una parada o estación prestando servicio a pasajeros, incluido el tiempo requerido para abrir y cerrar las puertas. El tiempo pasado en una parada por cualquier otra razón, por ejemplo, esperar una señal de tráfico, esperar que otro autobús se mueva o esperar a un pasajero que llega tarde, se considera demora y no se cuenta como parte del tiempo de operación.

3.1.4.1 Componentes del tiempo de operación



El tiempo de operación es uno de los factores mas determinantes de la capacidad de circulación y velocidad media. El tiempo de operación en una parada esta directamente relación con los siguientes factores:

- El número de pasajeros que se van a subir o bajar del autobús. A mayor número de pasajeros, mayor es el tiempo de operación.
- El método de pago: Algunos métodos de pago requieren de más tiempo que otros. Empleando un método de pago más rápido permite reducir el tiempo de operación.
- Tipo de autobuses y sus tamaños: Los pasajeros tardan menos tiempo subiendo y bajando cuando el embarque está nivelado o cerca del nivel, especialmente si los pasajeros traen artículos con ellos, pasajeros mayores y menores, y pasajeros con movilidad reducida. Si hay más de una puerta y son anchas permiten que varias personas suban o bajen simultáneamente. Sin embargo, si el método de pago de tarifas requiere que todos los pasajeros usen una sola puerta, entonces tener varias puertas solo acelera la bajada de los pasajeros del autobús.
- Circulación de pasajeros en el interior del autobús: El ancho de los pasillos interiores, espacio entre soportes verticales influyen el tiempo de bajada de los pasajeros.

3.1.4.2 Cálculo del tiempo de operación

El tiempo de operación se puede obtener con los siguientes métodos:

- Valores obtenidos tomadas en campo
- Valores estandarizados
- Valores obtenidos a partir de los cálculos

Si se dispone del número de pasajeros que se suben o se bajan del autobús, el método cálculo es el más adecuado, por lo tanto, es el que se va a emplear a continuación.

Los pasos a seguir son:

1. Obtener el número medio de pasajeros que suben por autobús:

$$P_b = P_h / B_h$$

Siendo:

- P_b : Volumen de pasajeros que se montan por autobús
- P_h : Volumen de pasajeros que se montan en la hora pico
- B_h : Numero de buses que sirven la dársena de estudio en una hora

2. Obtener el número de pasajeros en Hora Punta:

$$FHP = P_h / 4 \times P_{15}$$

Siendo:

- FHP: Factor de Hora Punta, siempre será menor o igual que la unidad.
- P_h : Volumen de pasajeros que se montan en la hora punta
- P_{15} : Mayor volumen de pasajeros que se montan en los 15 minutos de la hora punta

3. Obtener el método de pago que se va a emplear:

Del método de pago empleado depende el tiempo de operación como ya se ha comentado en los apartados anteriores.

Según el Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público el tiempo requerido por pasajero para subirse al autobús según el método de pago se recoge en la siguiente tabla:

Situation	Average Passenger Service Time (s/p)	
	Observed Range	Suggested Default
BOARDING		
No fare payment	1.75–2.5	1.75
Visual inspection (paper transfer/flash pass/mobile phone)	1.6–2.6	2.0
Single ticket or token into farebox	2.9–5.1	3.0
Exact change into farebox	3.1–8.4	4.5
Mechanical ticket validator	3.5–4.0	4.0
Magnetic stripe card	3.7–6.5	5.0
Smart card	2.5–3.2	2.75
ALIGHTING		
Front door	1.4–3.6	2.5
Rear door	1.2–2.2	1.75
Rear door with smart card check-out	3.4–4.0	3.5

Tabla 6: Tiempo de operación según el método de pago
Fuente: (Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público)

Como se puede observar el método de pago que menos tiempo requiere es el de prepago, no fare payment, es decir, la compra del billete se realiza previamente.

Otro método que funciona muy bien, y reduce los tiempos de operación es el uso de las tarjetas inteligentes. Para este método de pago los autobuses deben estar equipados con maquinas validadoras y es recomendable que al menos haya una maquina por puerta.



Imagen 7: Maquinas validadoras contactless

4. Asignar a cada puerta el volumen de pasajeros que suben:

El volumen de pasajeros capaz de subirse al autobús depende del número de puertas del mismo. De esta forma como ya se ha comentado anteriormente si permitimos la subida de pasajeros por una única puerta o por varias que tiene, dependerá el tiempo de operación.

Available Door Channels	Percent Passengers Through the Busiest Door Channel	
	Boarding	Alighting
2	60%	75%
3	45%	45%
4	35%	35%
6	25%	25%

Imagen 8: % de Pasajeros que suben/bajan por la puertas mas cargas en función del numero de puertas
Fuente: (Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público)

Como se puede observar en la tabla anterior a menor número de puertas, mayor es el volumen de pasajeros.

5. Obtener el tiempo de flujo de pasajeros por cada puerta del autobús:

$$t_{p\,f,i} = P_{b,i} \cdot t_{b,i}$$

Siendo:

- $t_{p\,f,i}$: tiempo de flujo de pasajeros por la puerta (i)
- $P_{b,i}$: volumen de pasajeros que suben por la puerta (i)
- $t_{b,i}$: tiempo de servicio de cada pasajero (sg/pasajero)

6. Obtener el tiempo de operación:

El tiempo de operación es el tiempo necesario para que todos los pasajeros se suban por la puerta más demandada, más el tiempo de apertura y cierre de

puertas y sumado cualquier otro tiempo que puede producirse durante el embarque de los pasajeros.

$$t_d = t_{pf,max} + t_{oc} + t_{bl}$$

Siendo:

- t_d : tiempo de operación (s)
- $t_{pf,max}$: máximo tiempo de flujo por todas las puertas (s)
- t_{oc} : tiempo de apertura y cierre de puertas (s)
- t_{bl} : tiempo de subirse

3.1.5 Tiempo de despeje

El tiempo de despeje tiene dos componentes:

- a) Una cantidad de tiempo mínima fijada en 10 segundos para contabilizar el tiempo que tarda en arrancar el autobús y despejar la dársena
- b) Una cantidad de tiempo que contabiliza el tiempo que tiene que esperar el siguiente bus a que se despeja la dársena

Este último componente sólo tendrá que ser calculado para una parada off-line.

3.1.6 Tiempo de margen de operación

El tiempo de margen de operación (t_{om}) aporta tiempo extra necesario para contabilizar los tiempos de operación más extensos de la media del tiempo de operación

(t_d) calculada, de manera que en el cálculo de la capacidad se tiene en cuenta una probabilidad de fallo del sistema debida a retrasos, eventos infrecuentes...

Se define como:

$$t_{om} = Z \times C_v \times t_d$$

Siendo:

t_{om} : tiempo de margen de operación (s)

Z: Variable estándar normal que corresponde con la tasa de fallo de diseño C_v : Coeficiente de variación del tiempo de operación

t_d : Tiempo de operación (s)

Por lo tanto, el tiempo margen de operación establece la máxima cantidad de tiempo que un bus puede retrasarse respecto del tiempo de operación asignado

(t_d) sin crear una probabilidad de fallo en la parada, cuando se prevé que el número de buses que van a utilizar la parada se aproxima a la capacidad de esta.

3.1.6.1 Variación del tiempo de operación

No se produce en todas las paradas el mismo tiempo de operación, debido a las fluctuaciones de la demanda de pasajeros.

Esta variabilidad queda definida por el coeficiente de variación del tiempo de operación (C_v) que resulta de la división de la desviación estándar de los tiempos de operación y la media de ellos.

Adquiere valores entre 0 (todos los t_d son iguales) y 1 (cuando la desviación estándar es igual a la media).

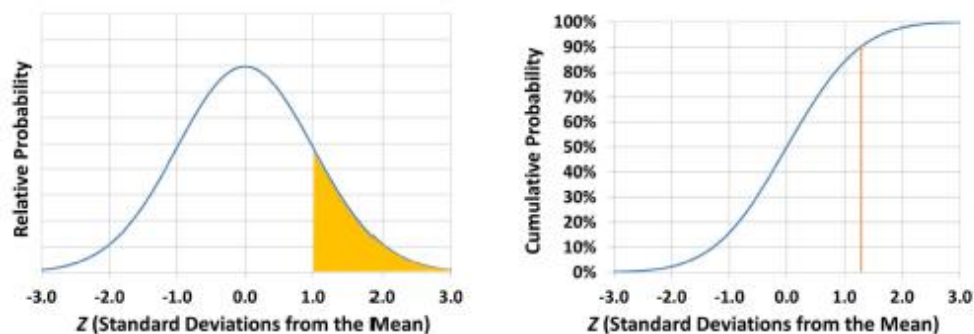
Se suelen tomar valores entre 0.4-0.8

3.1.6.2 Tasa de fallo de la parada del autobús.

La capacidad de una parada de bus es máxima cuando un autobús es capaz de ocupar la dársena tan pronto como haya quedado libre por el autobús anterior. Sin embargo, esta situación no es deseable debido a que las llegadas de los autobuses pueden sufrir retrasos.

Consecuentemente, se analiza la tasa de fallo que establece la probabilidad que llegue un bus a la parada y se encuentre todas las dársenas ocupadas, de esta manera la capacidad de diseño quedará fijada (El número de buses que puede servir una parada con el nivel de fiabilidad deseado).

Cuánto más alta sea esta probabilidad de fallo, menor será la tasa de diseño de fallo:



Design Failure Rate	Z
1.0%	2.330
2.5%	1.960
5.0%	1.645
7.5%	1.440
10.0%	1.280
15.0%	1.040
20.0%	0.840
25.0%	0.675

Imagen 9: Probabilidad de fallo

Fuente: (Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público)

Cuanto más alta sea la probabilidad de fallo, menor será el diseño de la tasa fallo, mayor será el tiempo margen de operación y la fiabilidad prevista, pero menor será la capacidad de la parada.

Por el contrario, cuanto menor sea la probabilidad de fallo, mayor será el diseño de la tasa de fallo, menor serán el t_{om} y la fiabilidad prevista y en consecuencia mayor será la capacidad de la parada.

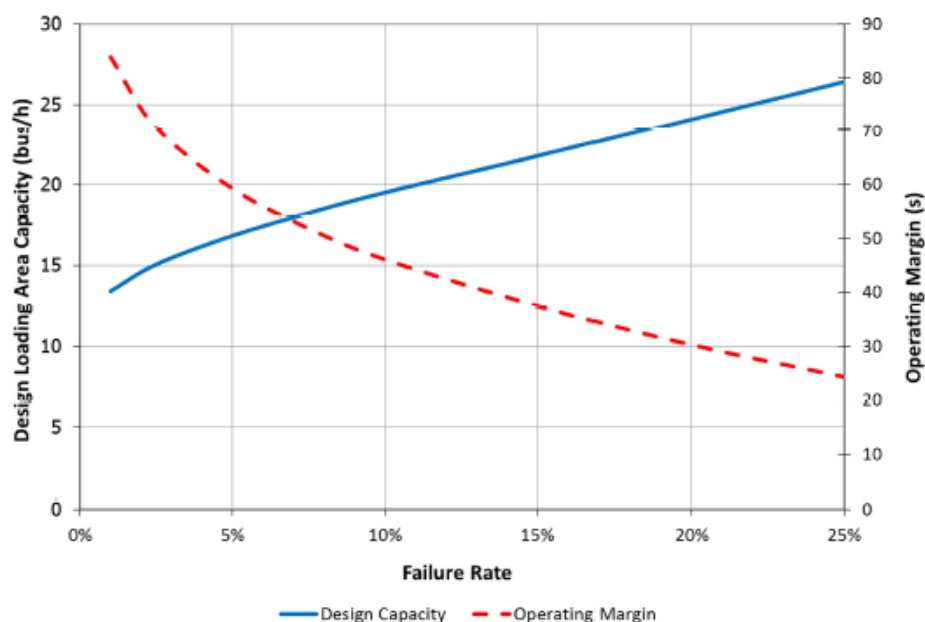


Imagen 10: Probabilidad de fallo en operaciones

Fuente: (Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público)



3.2 Diseño de la zona de dársenas

No se pueden dar pautas de obligado cumplimiento a la hora de especular sobre el diseño de una estación de autobuses puesto que debe dejarse libertad a la imaginación sobre la necesidad de adaptarse a las dimensiones, forma y situación del terreno previsto, pero han de tenerse en cuenta las posibilidades de la red viaria adyacente.

El diseño de la zona de las dársenas esta condicionado por varios factores:

- Espacio disponible para ello
- Número de dársenas necesarias
- Entrada y salida de la estación
- Diseño de las paradas
- Uso de la plataforma

3.2.1 Espacio disponible

Actualmente el área destinada a la zona de dársenas esta ocupado por las vías ferroviarias. Después de soterrar las vías ferroviarias la parte superficial queda libre de ocupación y sobre ella se podrá planificar la estación intermodal.

La zona que aproximadamente se va a destinar a la zona de la estación es la siguiente:



Imagen 11: El área destinado a la estación
Fuente: (Google Maps)

En la imagen anterior se puede apreciar que los edificios actuales de la estación permanecerán en sus sitios con algunos cambios en su interior y exterior.

3.2.2 Número de dársenas necesarias.

Si se considera una dársena de bus con una sola área de parada, de tal forma que si un bus está ocupando el área, ningún bus más puede entrar y se tiene en cuenta el tiempo requerido por cada bus en el área de parada se puede establecer la capacidad de una parada como el número de buses que pueden utilizar el área de parada en un intervalo de tiempo (Gibson et al., 1989).

Cuando un bus llega a una dársena se pueden definir varias etapas (Tyler, 2002):



- (1) Dársena vacía esperando a la llegada de un bus.
- (2) Aproximación del bus.
- (3) Deceleración y maniobra de entrada.
- (4) Detención en el área de parada.
- (5) Apertura de puertas y carga y descarga de viajeros, equipajes, billeteaje, etc.
- (6) Cierre de puertas.
- (7) Maniobra de salida
- (8) Despeje definitivo del área de parada.
- (9) El segundo bus entra en el área de parada.

(10) Durante el transcurso de cualquiera de esas etapas, otros buses pueden llegar después formando una cola detrás del primer bus, esperando a que llegue a la fase de despeje del área de parada para poder entrar a la misma.

Los tiempos de demora adicionales por estar las dársenas ocupadas son realmente significativos, los cuales dependen indudablemente de la distribución de llegadas de los buses a las paradas. Sin embargo, mientras que en la operación de buses urbanos se asume como algo normal, en el interior de una estación de autobuses este hecho supone un riesgo para los viajeros y de colisión entre vehículos que estén haciendo maniobras, puesto que el bus que está esperando lo hace ocupando una zona de circulación y maniobra de otras dársenas. Es por este motivo, que siempre es recomendable tener dársenas de reserva, que permitan acomodar estos buses en espera, despejando la zona de circulación y dando seguridad a los viajeros.

Además, para evitar estos casos, según la programación de horarios de llegadas y salidas, se suele dejar un tiempo previo de reserva de la dársena en previsión de posibles adelantos con respecto al horario teórico de llegada.



Con todo ello, se concluye que la capacidad práctica de una dársena en una estación, donde los tiempos de parada son prolongados, es muy inferior a la teórica, puesto que el tiempo de reserva debe ser sensiblemente superior al real de operación del autobús. Esto puede ser comparado a la capacidad de las vías ferroviarias basadas en sistemas de cantones fijos, donde el cantón solamente puede ser ocupado por un tren, independientemente de su posición dentro de el.

Analizando los datos de operaciones proporcionados por la Dirección General de Transportes del Gobierno de Cantabria, correspondientes a un día tipo laborable de invierno, se puede simular la ocupación de dársenas en periodos de diseño de 15 minutos. Para ello, se han asumido varias hipótesis que a continuación se van a exponer:

- **Hipótesis 0:** todos los servicios cumplen el horario con total fiabilidad sin ningún retraso ni adelanto, por lo que no es necesario reservar dársenas con antelación.
- **Hipótesis 1:** algún servicio puede incumplir ligeramente el horario, llegando antes de lo previsto, por lo que se establece una reserva de 5 minutos de la dársena. Además, los servicios con cabecera la Estación de Autobuses se asume que llegan 5 minutos antes
 - de su salida a la dársena.
- **Hipótesis 2:** a la hipótesis anterior se le añade cierta incertidumbre en el incumplimiento
 - de los horarios de salida, aplicando una holgura de 5 minutos para cubrir posibles retrasos. Además, se adoptan hipótesis más realistas de tiempos previos de llegada (10 minutos) y reservas de dársenas para posibles adelantos de horarios (10 minutos).
- **Hipótesis 3:** a la hipótesis anterior se le estipulan 15 minutos como tiempo mínimo en dársenas, desde que llega el servicio hasta que vuelve a salir. Este valor es el usualmente adoptado para el diseño de operación en paradas.

- **Hipótesis 4:** supone un caso más conservador en el que se permiten mayores holguras en las llegadas y salidas (15 minutos).

Con todo ello, el perfil diario de dársenas ocupadas para cada hipótesis, se muestra a en la Ilustración 1. Como puede apreciarse, la actual capacidad de la estación (14 dársenas) se ve alcanzada o superada en el periodo punta en cuanto algún horario es incumplido (Hipótesis 1) y, si además se emplean los valores de diseño para reserva de dársenas, la capacidad se alcanza o supera en 3 ocasiones para la Hipótesis 3 y en 10 ocasiones para la Hipótesis 4.

Esto demuestra que actualmente no se cuenta con capacidad suficiente para acomodar todos los servicio en las horas punta, y, además, no se dispone de margen para acomodar posibles nuevos servicios, como pueda suceder en Verano con la línea de Suances, donde hay muchas más expediciones o, determinados buses de refuerzo para un mismo servicio que suceden con cierta frecuencia, como los servicios de ALSA a Madrid o a la Universidad, donde es común el empleo de 2 o más vehículos.

Por otra parte, esta falta de capacidad de la estación impediría una correcta intermodalidad en caso de modificación de las líneas del Torrebús, el cual debería variar el recorrido de la línea 2 para favorecer en mayor medida la accesibilidad a la ciudad desde los municipios cercanos.

Por este motivo, en el siguiente capítulo se realizará una propuesta de ampliación de capacidad que trate de solventar este déficit y que de a la estación más versatilidad y margen de maniobra para encarar futuras ampliaciones de servicios o cualquier eventualidad.

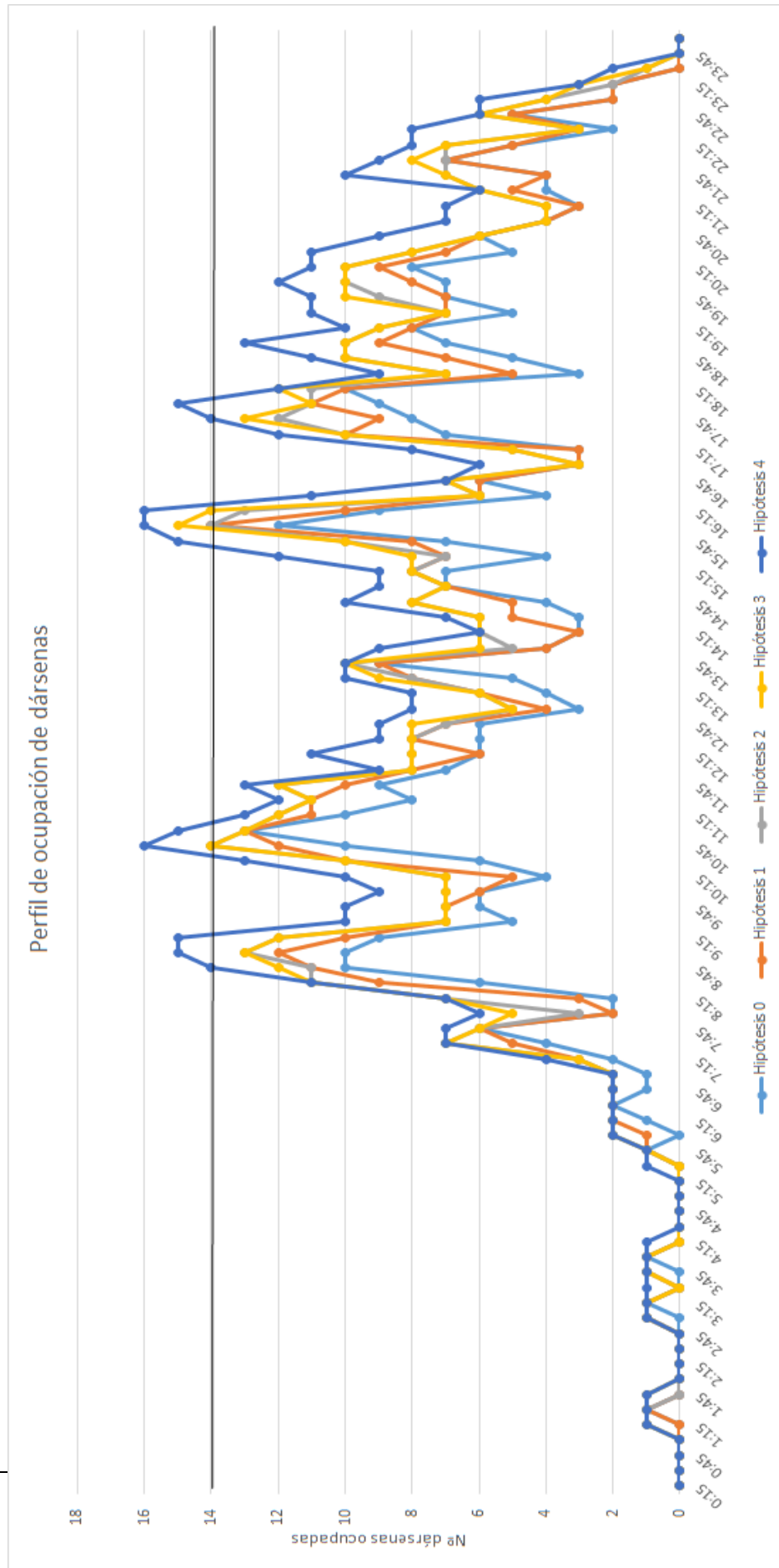


Imagen 12: Demanda de dársenas en periodo punta

Fuente: **PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE OPERACIÓN DE LAS LÍNEAS REGIONALES Y URBANAS EN EL ENTORNO DE LA ESTACIÓN DE AUTOBUSES DE TORRELAVEGA**)

3.2.3 Entrada y Salida de autobuses de la estación

Como la estación actual se encuentra en otro emplazamiento, en el emplazamiento de la estación intermodal no hay prevista una entrada y salida de autobuses. Como una de las propuestas de diseño se ha elegido la siguiente:

- Situar la glorieta de dos carriles en la Calle Pablo Garnica, concretamente en el punto del paso a nivel actual.
- La glorieta tendrá 4 entradas y 4 salidas correspondientes a:
 - 2 entradas y 2 salidas a Calle Pablo Garnica
 - 1 entrada y 1 salida a entrada a Estación
 - 1 entrada y 1 salida a Calle Hermilio Alcalde del Rio (nuevo vial)
- el vial de entrada a estación tendrá otra glorieta que a su vez tendrá 3 entradas y 3 salidas correspondientes a:
 - 1 entrada y 1 salida a entrada en la estación (entrada solo de vehículos autorizados como son autobuses y vehículos del personal de mantenimiento)
 - 1 entrada y 1 salida a Calle José María Pereda (a su vez tiene acceso al nuevo parking subterráneo de la estación)
 - 1 entrada y 1 salida a la Glorieta principal

3.2.4 Forma, dimensiones y diseño de las dársenas.

Existen diferentes disposiciones de las paradas, las que se detallan a continuación:

- Parada linear. Este tipo de paradas implica:
 - Periodos de estancia mínimos con el fin de evitar la formación de una cola de autobuses esperando a entrar a la dársena.
 - Ocupar mayor espacio longitudinal
 - Evita marchas atrás, por lo que ofrece más seguridad y ahorro de tiempo en las maniobras de salida

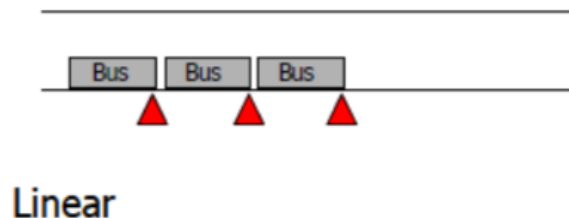


Imagen 13: Parada tipo linear

Fuente: (Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público)

- Parada Diente de Sierra. Este tipo de paradas implica:
 - Ángulo de la batería es de apenas 100
 - Permite un acceso más cómodo de los vehículos, por lo que es especialmente adecuado para el transporte urbano

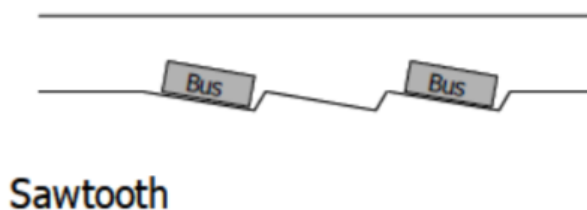
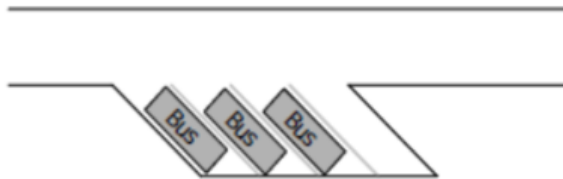


Imagen 14: Parada en diente de Sierra

Fuente: (Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público)

- Parada en ángulo. Este tipo de paradas implica:
 - El ángulo de la batería suele ser aproximadamente 40°
 - Puede causar problemas de maniobra marcha atrás

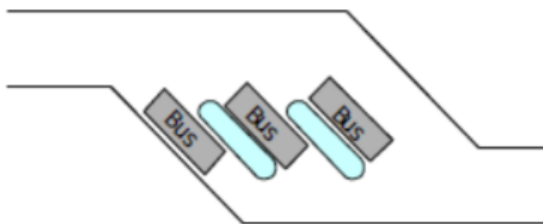


Angle

Imagen 15: Parada en ángulo

Fuente: (Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público)

- Parada Drive-Through. Este tipo de paradas implica:
 - El ángulo de la batería es variable
 - Permite el acceso mediante andenes por ambos lados del vehículo (y así acceder al equipaje de modo seguro) por lo que suele ser adecuado para los servicios de largo recorrido
 - El diseño permite la salida directa del vehículo sin la necesidad de realizar maniobras de marcha atrás



Drive-Through

Imagen 16: Parada Drive-Through

Fuente: (Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público)

Para el diseño de la estación objeto del presente proyecto se ha adoptado el diseño de dársenas en ángulo. Exige maniobra del autobús sólo a la salida que hace marcha atrás y permite el empleo de sus dos puertas. Dependiendo del ángulo ajustable de la dársena con el andén, puede obtenerse la longitud mínima de éste, lo cual es muy importante dadas la limitación de dimensiones que suele haber.

Las dimensiones de las dársenas se describen a continuación:

- Anchura mínima de 3 metros
- Acera peatonal mínima de 2 metros

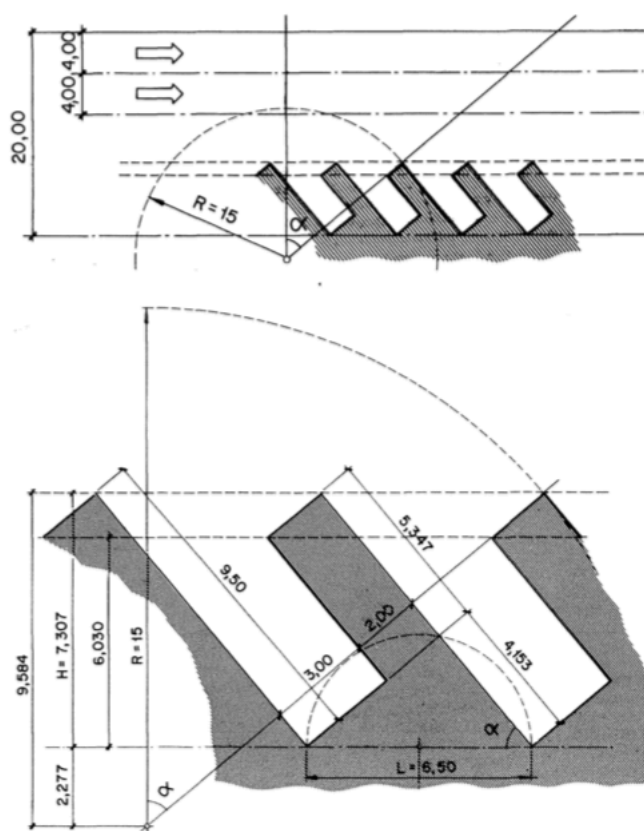
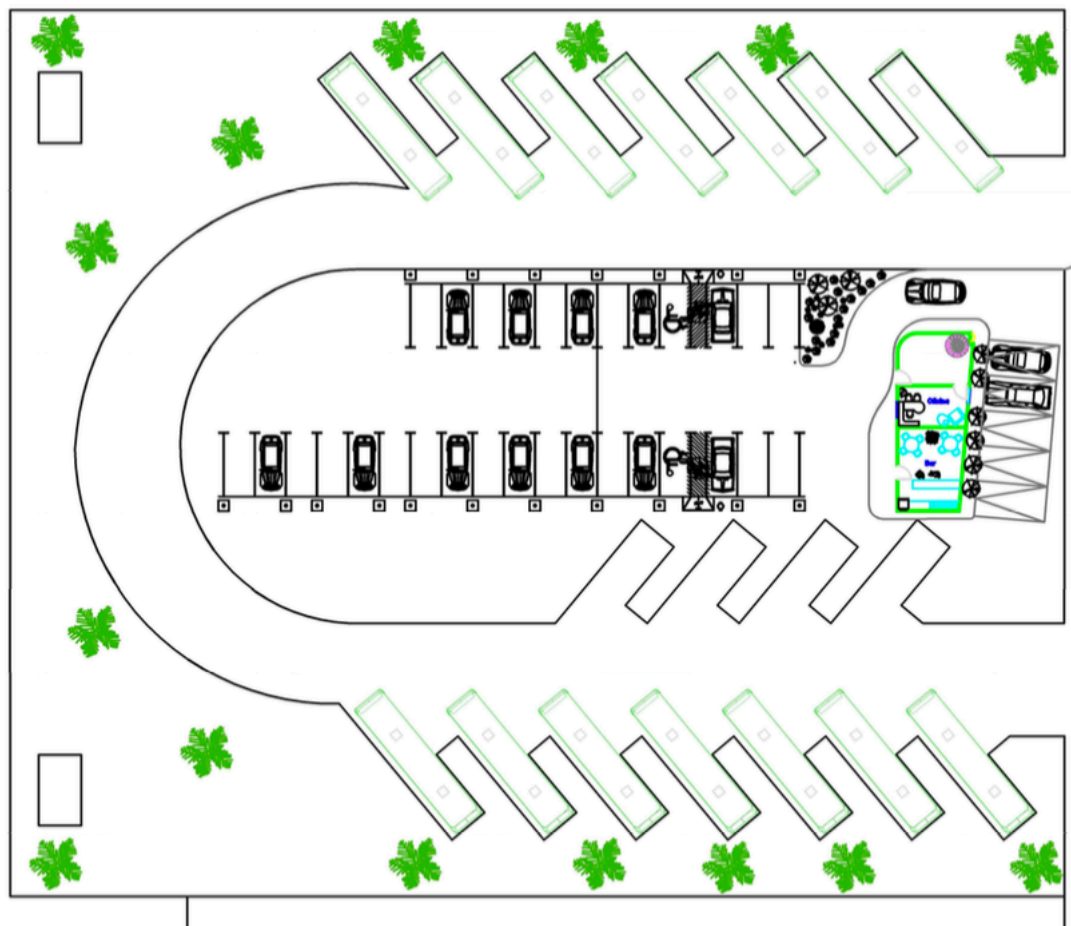


Imagen 17: Recomendaciones sobre las dimensiones de las dársenas
Fuente: (Diseño de estaciones de autobuses. Vicente Olalla)

Como en el diseño de nuestra estación hay 14 dársenas, estas se han repartido como se muestra en la siguiente imagen.



*Imagen 18: Reparto de dársenas en la nueva estación intermodal
Fuente: (Elaboración propia en AutoCAD)*

Para aprovechar la isleta central ya que sus dimensiones son generosas, en la misma se dispondrán dársenas de refuerzo y el parking de estacionamiento de vehículos del personal autorizado. La distribución se puede ver en la imagen anterior.

3.3 DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE TRENES

3.3.1 DATOS

- Para el año de diseño, se tiene previsto operar con 3 trenes/hora/sentido con capacidad de 600 pax.
- La demanda saliente calculada para la hora punta es de 348 pasajeros por hora y 360 entrantes en la estación.
- El factor de hora punta previsto es de 0,75

3.3.2 Dimensionamiento para 15 minutos punta

$$-Pasajeros saliendo \rightarrow \frac{348}{0,75 \cdot 4} = 116 \text{ pasajeros} / 15 \text{ minutos}$$

$$-Pasajeros entrando \rightarrow \frac{360}{0,75 \cdot 4} = 120 \text{ pasajeros} / 15 \text{ minutos}$$

$$-Pasajeros totales en la estación 336 \text{ pasajeros} / 15 \text{ minutos}$$

3.3.3 Circulación de peatones

La velocidad de circulación de peatones puede ser muy diferente en función de:

- La edad
- El sexo
- La hora del día
- Condiciones ambientales
- La temperatura
- etc...

La velocidad que se suele adoptar en el diseño de las estaciones es de 1m/s

Los factores que influyen en la velocidad de peatones son:

- Intensidad peatonal:

Es el número de peatones que pasan por una determinada sección en la unidad de tiempo, expresada bien en peatones por casa 15 minutos o bien en peatones por minuto: por sección se entiende una sección transversal del pasillo, zona de espera, escalera...

- Intensidad por unidad de anchura:

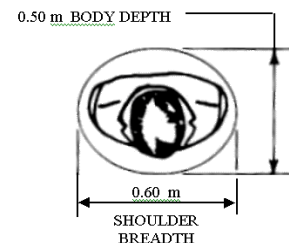
Es la intensidad peatonal media por unidad de anchura efectiva de la zona peatonal, expresada en peatones por minuto y metro.

- Densidad peatonal:

Es el número medio de peatones por unidad de superficie dentro de una zona peatonal o de formación de colas, expresada en patones por metro cuadrado (p/m^2)

- Superficie peatonal:

Es la superficie media de que dispone cada peatón en una zona peatonal o zona de colas, evaluada en metro cuadrados por peatón. Es la inversa de la densidad peatonal, pero sin embargo es una unidad más práctica para el análisis de las instalaciones peatonales (m^2/p). El espacio mínimo absoluto para un peatón parada es una elipse de 0.50x0.60 m con un área de 30 m^2 , pero un valor de 0.75 m^2 es más razonable.



- Ancho efectivo:

La porción del pasillo, escalera o área que es empleada por los peatones, debido a que hay áreas que están físicamente ocupadas por paredes, andenes, bancos...

- Capacidad peatonal:

Máximo número de peatones que pueden atravesar u ocupar un elemento peatonal, expresada en peatones por área y por minuto. Refleja el máximo de la intensidad peatonal, como ya se ha comentado con anterioridad no se diseña la estación con el objetivo de cubrir este máximo, si no de mantener un NS adecuado.

La relación entre la densidad, velocidad e intensidad es la misma que la utilizada en el tráfico de vehículos

$$\rightarrow \text{Intensidad} = \text{Velocidad} \times \text{Densidad}$$

- Intensidad (p/m/min)

- Velocidad (m/min)

Densidad (p/m²)

La variable intensidad es la "intensidad por unidad de anchura". Una manera más eficaz de la expresión

$$\rightarrow \text{Intensidad} = \text{Velocidad} / \text{Superficie}$$

Con el objetivo de intentar comprender con mayor exactitud el comportamiento de los peatones se estudian las relaciones entre los diferentes factores

Velocidad-Densidad: se adopta la relación de Greenshields. Si la densidad aumenta y la superficie peatonal disminuye el grado de movilidad disfrutado por cada peatón individual decae y por lo tanto la velocidad de marcha también.

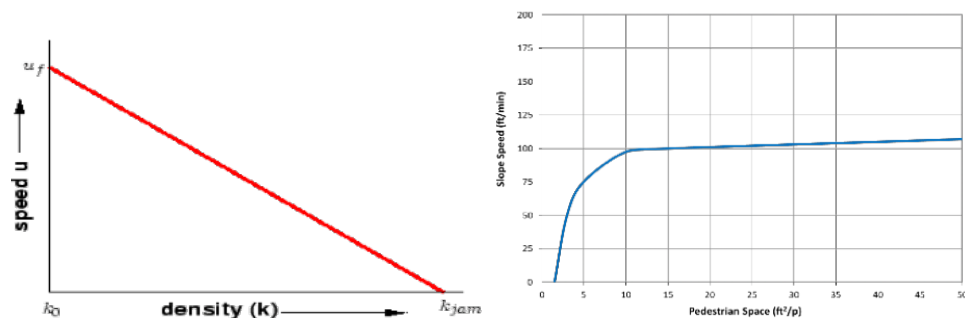


Imagen 19: Relación Velocidad-Densidad

Cuando se alcanzan 25 ft² por persona (2.3m²) los peatones eligen libremente su velocidad de marcha.

Intensidad-Espacio peatonal: La intensidad máxima (Capacidad) está comprendida dentro de un intervalo de densidad muy pequeño (0.45-0.81m²) para valores inferiores la intensidad decae rápidamente hasta llegar a 0.

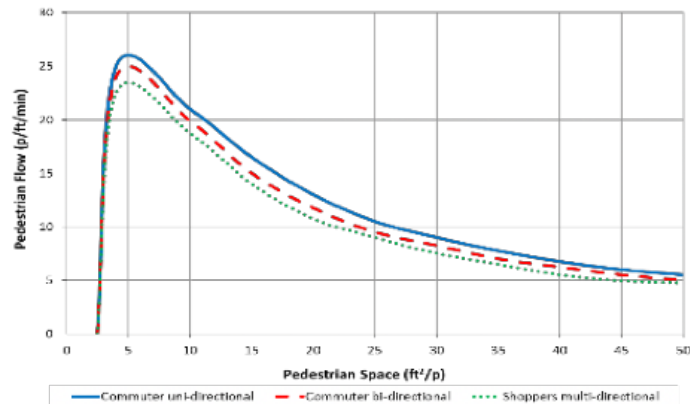


Imagen 20: Relación Intensidad - Espacio Peatonal

3.3.3 Dimensionamiento de escaleras

El ancho de una escalera se basa en mantener un nivel de servicio peatonal deseable. Los niveles de servicio de las escaleras se basan en el espacio promedio para peatones y en el caudal promedio.

Para dimensionar las escaleras de la estación, se emplean las tablas disponibles en el Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público.



LOS	Avg. Ped. Space		Flow per Unit Width		Description
	(ft ² /p)	(m ² /p)	(p/ft/min)	(p/m/min)	
A	≥ 20	≥ 1.9	≤ 5	≤ 16	Sufficient area to freely select speed and to pass slower-moving pedestrians. Reverse flows cause limited conflicts.
B	15-20	1.4-1.9	5-7	16-23	Sufficient area to freely select speed with some difficulty in passing slower-moving pedestrians. Reverse flows cause minor conflicts.
C	10-15	0.9-1.4	7-10	23-33	Speeds slightly restricted due to inability to pass slower-moving pedestrians. Reverse flows cause some conflicts.
D	7-10	0.7-0.9	10-13	33-43	Speeds restricted due to inability to pass slower-moving pedestrians. Reverse flows cause significant conflicts.
E	4-7	0.4-0.7	13-17	43-56	Speeds of all pedestrians reduced. Intermittent stoppages likely to occur. Reverse flows cause serious conflicts.
F	≤ 4	≤ 0.4	Variable	Variable	Complete breakdown in pedestrian flow with many stoppages. Forward progress dependent on slowest moving pedestrians.

Imagen 21: Capacidad de escaleras en función del nivel de servicio
Fuente: (Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público)

Según el Manual si la estación tiene escaleras mecánicas o elevadores como elementos principales de comunicación vertical, se acepta un **LOS E** (Level of Service o Nivel de Servicio).

Se va disponer solo una escalera convencional, entre dos escaleras mecánicas, una de subida y otra de bajada. Por lo tanto, el flujo por unidad de ancho es de 43-56 p/m/min, se coge el valor 56 p/m/min.

En hora punta: $56p/m/min \cdot 15 min = 840 p/m$

El ancho necesario es: $\frac{336}{840} = 0,4 m$

Como tenemos flujo en ambos sentidos, el ancho de la escalera convencional es: $0,4+0,4=0,8 m$

Por seguridad durante una posible evacuación el ancho será de 2 metros.

Escaleras mecánicas

Las escaleras mecánicas son uno de los elementos más utilizados en los núcleos de comunicaciones verticales, por su comodidad para los viajeros, alta capacidad de transporte y relativa poca ocupación de espacio.

Las escaleras mecánicas forman un ángulo respecto a la horizontal de 27° a 30°, aunque excepcionalmente podrían implantarse escalera a 35°.

Las velocidades suelen ser de 0.5, 0.6 y 0.75 m/s.

Los fabricantes siempre estiman capacidades asumiendo dos personas por peldaño, algo que nunca sucede.

En caso del presente proyecto se estima una escalera mecánica de ancho doble. Por tanto, la capacidad se estima en base a la hipótesis “Una persona por escalón”.

Type	Width at Tread		Incline Speed		Nominal Capacity	
	(in.)	(m)	(ft/min)	(m/min)	(p/h)	(p/min)
Single width	24	0.6	90	27.4	2,040	34
			120	36.6	2,700	45
Double width	40	1.0	90	27.4	4,320	72
			100	30.5	5,100	85
			120	36.6	5,400	90

Imagen 22: Capacidad de las escaleras mecánicas

Fuente: (Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público)

El ancho de la escalera mecánica: 1 metro

Hay que añadir 1 metro de ancho correspondiente a barandillas, postes, etc.

El ancho total del conjunto de escaleras: $2 + 1 + 1 + 1 = 5$ metros

El desnivel a salvar es de 5.5 metros.

El desarrollo de las escaleras es de 15 metros.

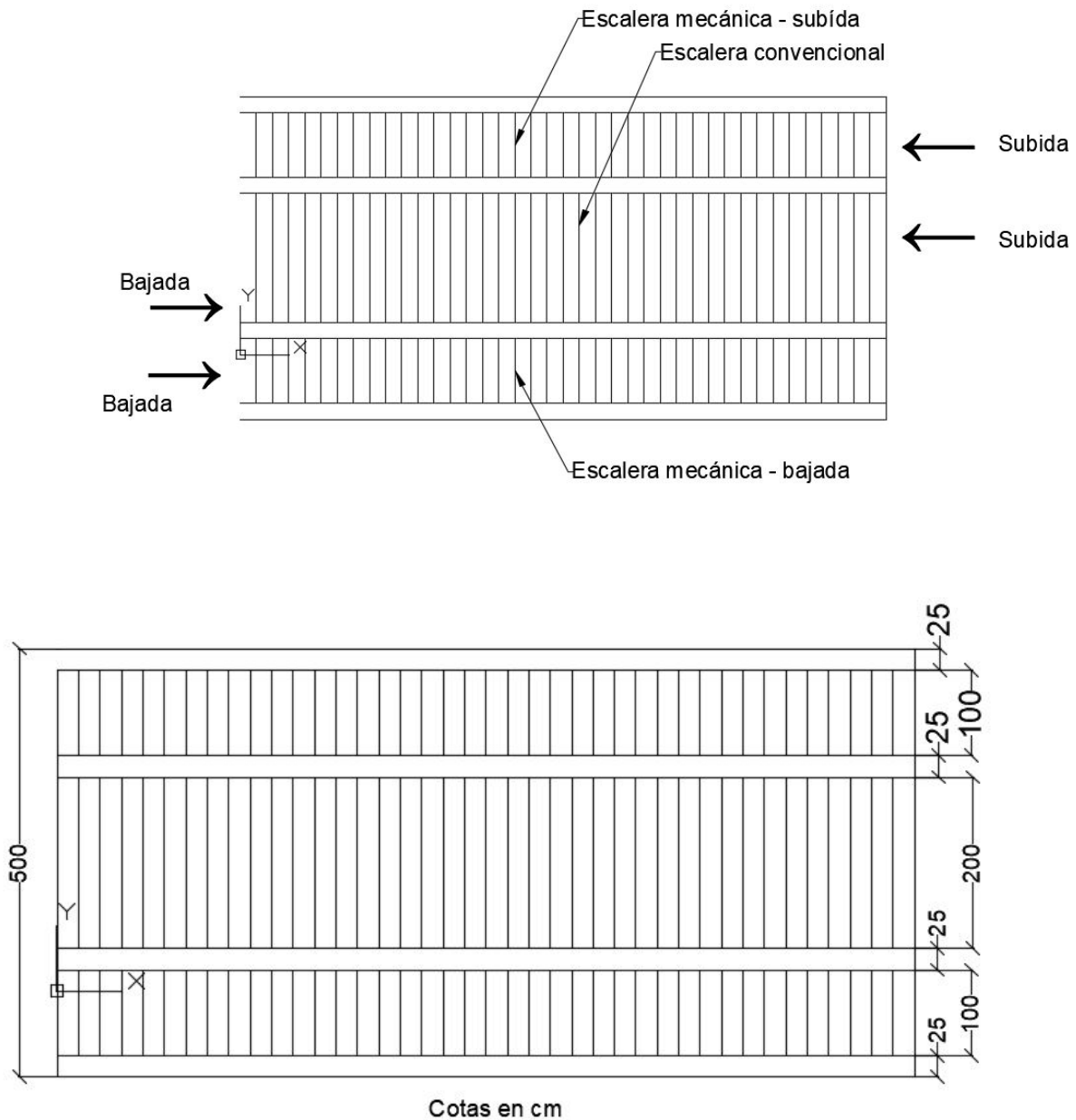


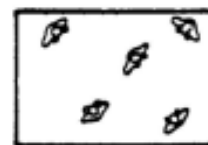
Imagen 23: Planta del conjunto de escaleras
Fuente: (Elaboración propia)

3.3.4 Dimensionamiento del andén

El manual considera los siguientes niveles de servicios:

NIVEL DE SERVICIO A

Son posibles la parada y la libre circulación a través de la zona de espera sin causar molestias a los integrantes de la cola.



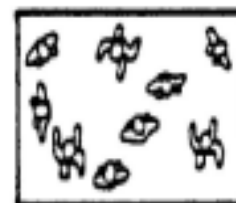
NIVEL DE SERVICIO B

Son posibles la parada y la circulación parcialmente restringida sin causar molestias a los integrantes de la cola.



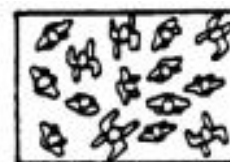
NIVEL DE SERVICIO C

Son posibles la parada y la circulación restringida a través de la zona de formación de cola, pero causando molestias a los integrantes de ésta; esta densidad determina el límite de la comodidad de las personas.



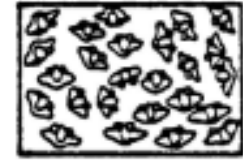
NIVEL DE SERVICIO D

Todavía es posible la parada sin que haya contacto físico: la circulación en el interior de la cola se halla muy restringida y el movimiento hacia delante sólo es posible para todo el grupo en conjuntos; con esta densidad las esperas prolongadas resultan incómodas.



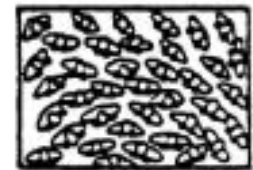
NIVEL DE SERVICIO E

En la parada el contacto físico resulta inevitable: no es posible la circulación en el interior de la cola; la formación de colas con esta densidad solo puede prolongarse durante breves periodos de tiempo para que no se produzca una incomodidad exagerada.



NIVEL DE SERVICIO F

Prácticamente todas las personas integrantes de la cola se hallan en contacto físico directo con aquellas que les rodean; esta densidad resulta extremadamente incómoda; en el interior de la cola no es posible ningún movimiento; en aglomeraciones en esta densidad existe la capacidad potencial de que produzcan situaciones de pánico generalizado,



Se va a diseñar para un nivel de servicio "D". **LOS "D"**

LOS	Average Pedestrian Area		Average Inter-Person Spacing	
	(ft ² /p)	(m ² /p)	(ft)	(m)
A	≥ 13	≥ 1.2	≥ 4.0	≥ 1.2
B	10–13	0.9–1.2	3.5–4.0	1.1–1.2
C	7–10	0.7–0.9	3.0–3.5	0.9–1.1
D	3–7	0.3–0.7	2.0–3.0	0.6–0.9
E	2–3	0.2–0.3	<2.0	<0.6
F	< 2	< 0.2	Variable	Variable

Imagen 24: Área necesaria en función del nivel de servicio
Fuente: (Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público)

De acuerdo con la tabla anterior al nivel de servicio "D" le corresponde 0.3-0.7 m²/p, para nuestro proyecto se coge el valor de 0,5 m²/p.

El número máximo de pasajeros esperando registrado fue de 360. Por razones de seguridad se va a establecer en 400 pasajeros esperando.

En 60 minutos pasan 3 trenes, por lo tanto en 15 minutos pasa solo 1 tren.

Número máximo de peatones en 15 minutos: $400 / (0.75 \cdot 4) = 133.33 \cong 150 \text{ pax} / 15 \text{ min}$

Como en 15 minutos solo pasa 1 tren, habrá 150 personas esperando.

La zona de espera debe tener: $150 \text{ pax} \cdot 0.5 \text{ m}^2/\text{p} = 75 \text{ m}^2$

3.3.5 Dimensionamiento zona de pasillos

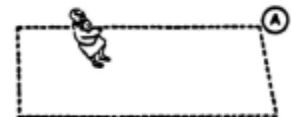
El ancho mínimo del pasillo de dos sentidos de circulación, debe permitir como mínimo, el tránsito de dos personas en cada sentido (4 m). En itinerarios secundarios (como es el caso de nuestro proyecto) la anchura puede ser de 3,60 metros.

Estas anchuras deben ser libres, por lo que resulta conveniente aumentarlas en todos los casos 0,5 m en previsión de que en los pasillos sea preciso colocar puntualmente algunos elementos que resten sección útil, tales como bocas de extensión de incendios, papeleras, etc...

El manual considera los siguientes niveles de servicio:

NIVEL DE SERVICIO A

En las vías peatonales con NS A los peatones prácticamente caminan en la trayectoria que desean, sin verse obligados a modificar por la presencia de otros peatones. Se elige libremente la velocidad de marcha, y los conflictos entre los viandantes son poco frecuentes.



NIVEL DE SERVICIO B

En el NS B se proporciona la superficie suficiente para permitir que los peatones elijan libremente su velocidad de marcha se adelanten unos a otros y eviten los conflictos al entrecruzarse entre sí. En este nivel los peatones comienzan a acusar la presencia del resto, hecho que manifiestan en la selección de sus trayectorias.



NIVEL DE SERVICIO C

En el NS C existe la superficie suficiente para seleccionar una velocidad normal de marcha y permitir el adelantamiento, principalmente en corrientes de un único sentido de circulación. En el caso de que también haya movimiento en el sentido contrario o incluso entrecruzado, se producirían ligeros conflictos esporádicos y las velocidades y el volumen serán un poco menores.



NIVEL DE SERVICIO D

En el NS D se restringe la libertad individual de elegir la velocidad de marcha y el adelantamiento. En el caso de que haya movimientos de entrecruzado o en sentido contrario existe una alta probabilidad de que se presenten conflictos, siendo precisos frecuentes cambios de velocidad y de posición para eludirlos. Este NS proporciona un flujo razonablemente fluido: no obstante, es probable que se produzca entre los peatones unas fricciones e interacciones notables.



NIVEL DE SERVICIO E

En el NS E prácticamente todos los peatones verán restringida su velocidad normal de marcha, lo que les exigirá con frecuencia modificar y ajustar su paso. En la zona inferior de este NS ,el movimiento hacia adelante sólo es posible mediante una forma de avance denominada "arrastre de pies". No se dispone de la superficie suficiente para el adelantamiento de los peatones más lentos. Los movimientos en sentido contrario o entrecruzados sólo son posibles con extrema dificultad . La intensidad de proyecto se aproxima al límite de la capacidad peatonal lo que origina detenciones e interrupciones en el flujo.



NIVEL DE SERVICIO F

En el NS F todas la velocidad de marcha se ven frecuentemente restringidas y el avance hacia delante sólo se puede realizar mediante el paso de "arrastre de pies". Entre los peatones se producen frecuentes e inevitables contactos. Los movimientos en sentido contrario o entrecruzados son virtualmente imposibles de efectuar. El flujo es esporádico e inestables. La superficie peatonal es más propia de formaciones en cola que de corrientes de circulación de peatones.



Usuarios que llegan en trenes y salen de la estación 35 pax/ 15 minutos.

LOS	Pedestrian Space (m ² /p)	Expected Flows and Speeds		
		Avg. Speed, S (m/min)	Flow per Unit Width, v (p/m/min)	v/c
A	≥ 3.3	79	0–23	0.0–0.3
B	2.3–3.3	76	23–33	0.3–0.4
C	1.4–2.3	73	33–49	0.4–0.6
D	0.9–1.4	69	49–66	0.6–0.8
E	0.5–0.9	46	66–82	0.8–1.0
F	< 0.5	< 46	Variable	Variable

Imagen 25: Flujo de peatones por unidad de anchura en función del nivel de servicio
Fuente: (Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público)

De acuerdo con la tabla anterior el factor de espacio para los peatones es de 0.9-1.4 m²/p.

El espacio necesario para la zona de los pasillos es: $35 \cdot 1.2 = 42 \text{ m}^2$

3.3.6 Superficie total necesaria

Una vez obtenida la superficie necesaria para la zona de espera y para la zona de pasillos se puede obtener la superficie total necesaria.

A continuación, se presenta una tabla a modo de resumen

	Superficie (m ²)
Zona de espera	75
Zona de pasillos	42
Zona de seguridad	24
Total	141

Tabla 7: Superficie de la plataforma
Fuente: (Elaboración propia)

En la siguiente imagen se puede observar la distribución de la zona de andén en planta.

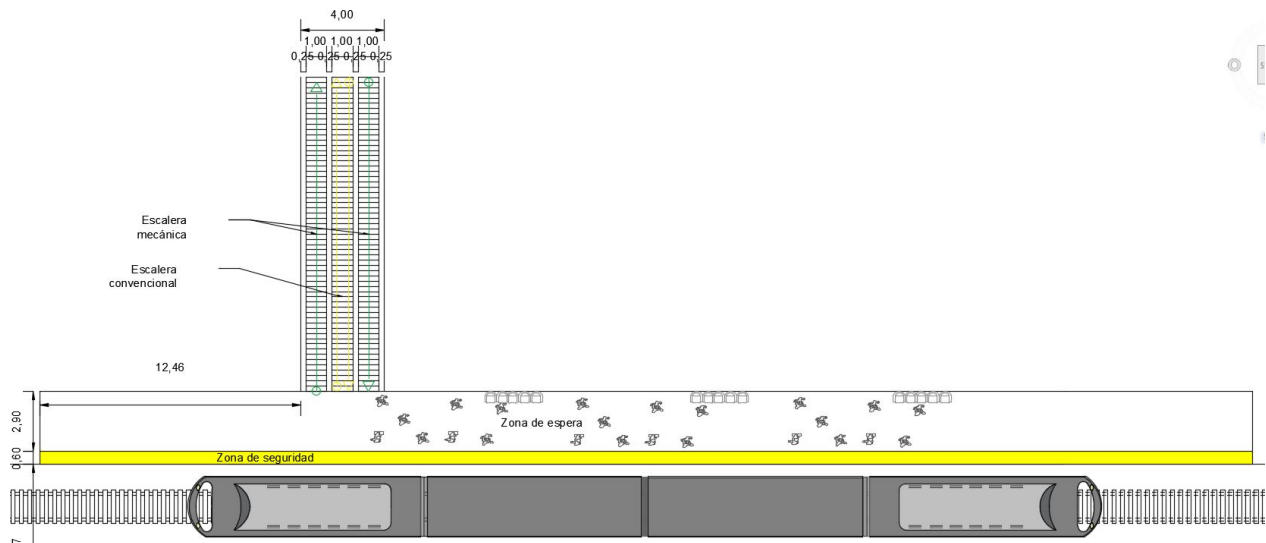


Imagen 26: Planta de la estación de FEVE
Fuente: (Elaboración propia)

3.3.7 Comprobación de la zona de andén en caso de evacuación

La comprobación de las dimensiones del andén en caso de emergencia se hace en base a la siguiente hipótesis:

- Se dimensiona para el andén más cargado y para los peores 15 minutos
- El tiempo de evacuación de la persona más alejada al punto de evacuación como mucho puede ser de 4 minutos
- Hay que suponer un elemento mecánico fuera de servicio
- Se supone que un tren llega con retraso de un intervalo.
- La gente que hay que evacuar es la gente de espera más la gente que llega en tren.
- El tren que llega con retraso irá lleno en función de su capacidad
- Según NFPA: la capacidad de las escaleras mecánicas en caso de evacuación es de 55 pax/m/min.

- En caso de evacuación las escaleras mecánicas van a trabajar todos en un sentido, es decir, subiendo.
 - Pasajeros esperando en el andén más cargado: 200 pasajeros
 - Tren llega completo: 600 pasajeros
 - Pasajeros a evacuar: $600+200=800$ pasajeros
 - Escaleras:
 - 2 mecánicas de 1 m de ancho \rightarrow 1 fuera de servicio
 - 1 convencional de 2 m de ancho
 - Ancho de escaleras disponible \rightarrow 3 metros.
 - Capacidad de evacuación: $3 \cdot 55 \cdot 4 = 660$ pasajeros
 - Pasajeros sin evacuar: $800 - 660 = 140$ pasajeros
- Surge la necesidad de disponer de una escalera de emergencia.
- $55x(A)x4 = 140 \rightarrow A = 0,63\text{ m} \cong 1\text{ m}$
 - Se dispondrá una escalera de emergencia de 1 metro de ancho
 -

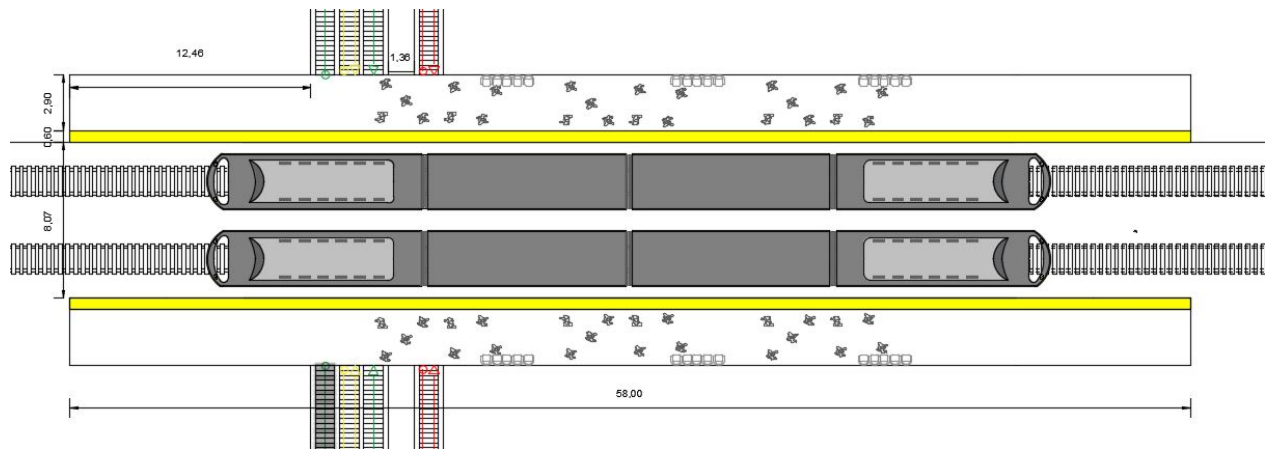
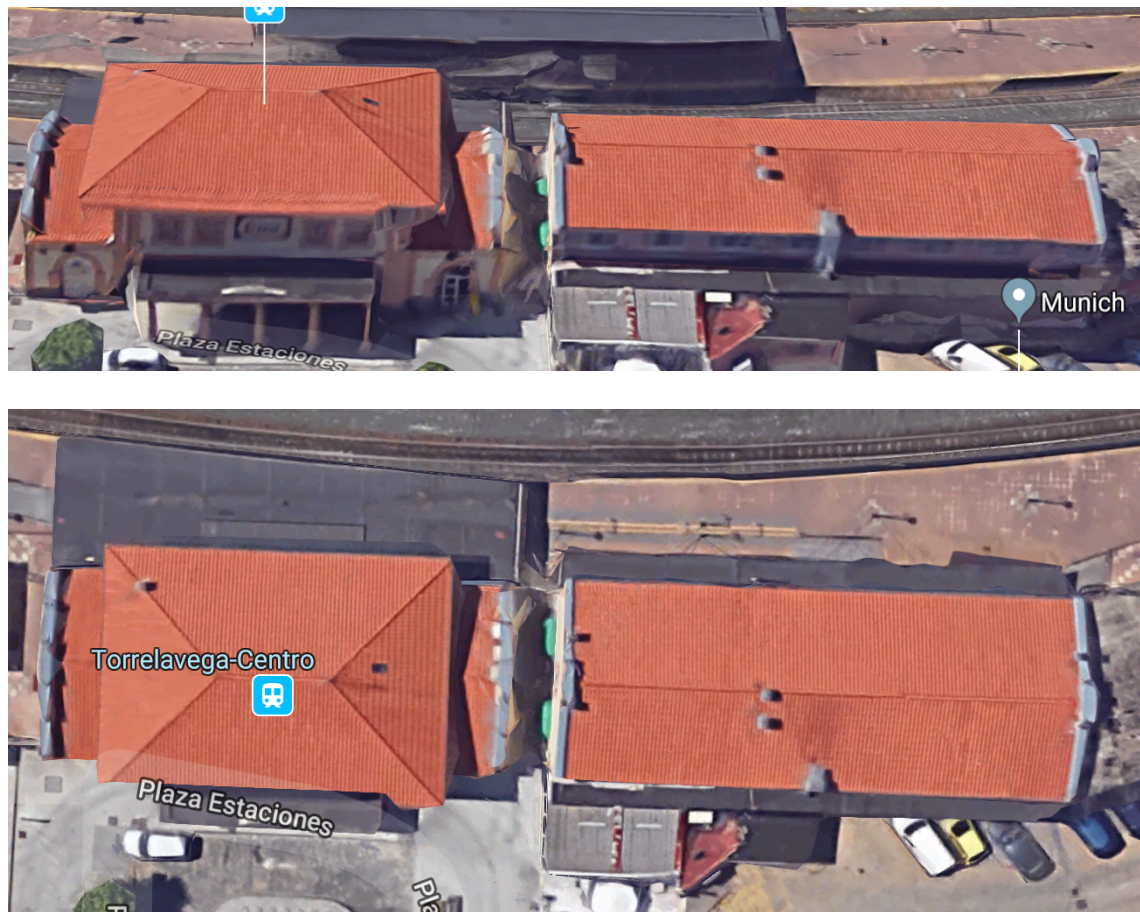


Imagen 27: Planta de la estación de FEVE con la escalera de emergencia
Fuente: (Elaboración propia)

3.4 Dimensionamiento y diseño de la estación

3.4.1 Situación actual

El diseño y las dimensiones de la estación actual no satisfacen las necesidades que se necesitan para una estación intermodal.



*Imagen 28: Estado actual de la estación
Fuente: (Elaboración propia)*

Como se puede ver en las imágenes de Google Street, hay dos edificios, uno de ellos es la propia estación y otro se utiliza como nave de almacenaje, mantenimiento, etc.

3.4.2 Diseño propuesto

Con el fin de poder contar con mayor superficie posible, se van a unir los dos edificios para formar un único edificio.

Una estación intermodal dispone de múltiples elementos cada uno con un determinado objetivo.

Los elementos de la estación son:

- Puertas de Entrada y Salida

Las entradas limitan la capacidad de los pasillos restringiendo el espacio lateral. El efecto de las puertas en el flujo peatonal depende de el espacio que haya entre cada peatón cuando están en movimiento si la separación no es suficiente entre peatones sucesivos se formará una cola. Por lo tanto, la capacidad de una entrada está determinada por el tiempo mínimo requerido por cada peatón para pasar a través de ella.

Para entradas que dan servicio al exterior de la estación es importante facilitar al peatón un espacio resguardado de la lluvia en el exterior con el objetivo de que en este espacio cierren o abran los paraguas. Si no se diseña este espacio, los peatones pararán enfrente de la puerta generando un bloqueo.



Imagen 29: Puertas automáticas de entrada

La capacidad y el nivel de servicio debe ser el mismo que en pasillos con el fin de no crear cuellos de botella y facilitar las evacuaciones.

A continuación, se muestra la tabla del manual con las características que deben cumplir las puertas para cada nivel de servicio.

LOS	Pedestrian Space (m ² /p)	Expected Flows and Speeds		
		Avg. Speed, <i>S</i> (m/min)	Flow per Unit Width, <i>v</i> (p/m/min)	<i>v/c</i>
A	≥ 3.3	79	0–23	0.0–0.3
B	2.3–3.3	76	23–33	0.3–0.4
C	1.4–2.3	73	33–49	0.4–0.6
D	0.9–1.4	69	49–66	0.6–0.8
E	0.5–0.9	46	66–82	0.8–1.0
F	< 0.5	< 46	Variable	Variable

Imagen 30: Flujo de peatones por unidad de anchura en función del nivel de servicio
Fuente: (Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público)

La capacidad de una puerta está basada en el ancho de la puerta pero también hay que tener en cuenta si la puerta estará habitualmente cerrada, abierta, o si existirá un flujo constante de peatones que la mantendrán abierta para determinados períodos de tiempo.

Las entradas al edificio serán directas al exterior por lo que será necesario facilitar al peatón un espacio resguardado de la lluvia en el exterior con el objetivo de que no se formen aglomeraciones a la salida al exterior. El edificio del intercambiador contará con una cubierta con un perímetro mayor que la planta del edificio.

El número necesario de puertas se halla dividiendo la anchura del pasillo que comunica las puertas entre la anchura de cada puerta. En este caso se ha optado por instalar puertas automáticas de dos hojas, de manera que estas puertas tendrán una anchura de 6 metros. Se instalarán dos puertas de entrada en la estación y 1 puerta de acceso a dársenas y FEVE.

- La demanda de pasajeros por pasillo: $\frac{943}{0.75 \cdot 4} = 314$ *pasajeros*
- La demanda de pasajeros por pasillo por minuto: $\frac{314}{15} \cong 21$ *pasajero*

Según el manual, la capacidad de las puertas depende del tipo de mismas como se muestra a continuación.

Type of Entrance	Observed Average Headway (s)	Equivalent Pedestrian Volume (p/min)
Free swinging	1.0-1.5	40-60
Revolving, per direction	1.7-2.4	25-35

Imagen 31: Capacidad de entrada de peatones en función del tipo de puerta
Fuente: (*Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público*)

Como se han elegido puertas automáticas, la capacidad de las mismas es de 40 a 60 peatones por minuto. Como la demanda de la estación es de 21 pasajero por minuto, por lo tanto, la demanda queda cubierta.

- **Pasillos interiores**

Los pasillos interiores serán las zonas libres de obstáculo y destinados al movimiento de peatones. Los pasillos interiores conectarán las zonas de estación con los exteriores.

Anchura necesaria de los pasillos.

- La demanda peatonal es de 943 peatones / hora lo que equivale a 314 pasajeros en periodo punta.
- La intensidad peatonal es: $\frac{314}{15} \cong 21$ *pasajero*

- La anchura efectiva necesaria para un nivel de servicio C-B, para un flujo por unidad de volumen de 33 peatones/m/minuto.

$$\frac{21}{33} = 0,64 \text{ m}$$

Como tenemos anchura de pasillo “ ” por lo tanto, se cumple la demanda exigida.

- Plataformas y accesos a dársenas

Estas zonas serán destinadas a los pasajeros para llegar a la zona de espera del autobús.

Según “las recomendaciones para el diseño de estaciones de autobuses” la anchura mínima debe ser de 2 metros. Para quedarse del lado de la seguridad y ante una posible crecida de pasajeros esa zona será de 4 metros de ancho.

- Acceso a andenes ferroviarios.

Las vías ferroviarias estarán soterradas por lo tanto estarán por debajo de la estación. El acceso a estas vías se va a realizar mediante un conjunto de escaleras definidas en los apartados anteriores. Habrá dos accesos, uno para cada andén.

- Taquillas de venta de billetes

En la estación intermodal debe haber un número suficiente de taquillas para cada servicio que se ofrece.

En total se dispondrá de taquillas de:

- Autobuses → Una taquilla para cada compañía
- FEVE → 2 taquillas
- Renfe → 1 taquilla

Las dimensiones de cada taquilla deben de ser las mínimas posibles para su uso y deben colocarse adosadas «en batería», con un pasillo posterior que dé servicio a todas ellas.

Las dimensiones mínimas, de 1,5 a 1,8 metros de frente por 2,50 a 3,00 metros, permiten colocar el mayor número posible de ellas en el menor espacio y no deben ser usadas como oficinas de las empresas transportistas.

El pasillo posterior permite independizarlas del tráfico de personas, puesto que el viajero no debe tener acceso a ellas más que a través de la ventanilla o mostrador y debe existir un local común a todas donde poder guardar el billete e, incluso, donde tener una caja fuerte.

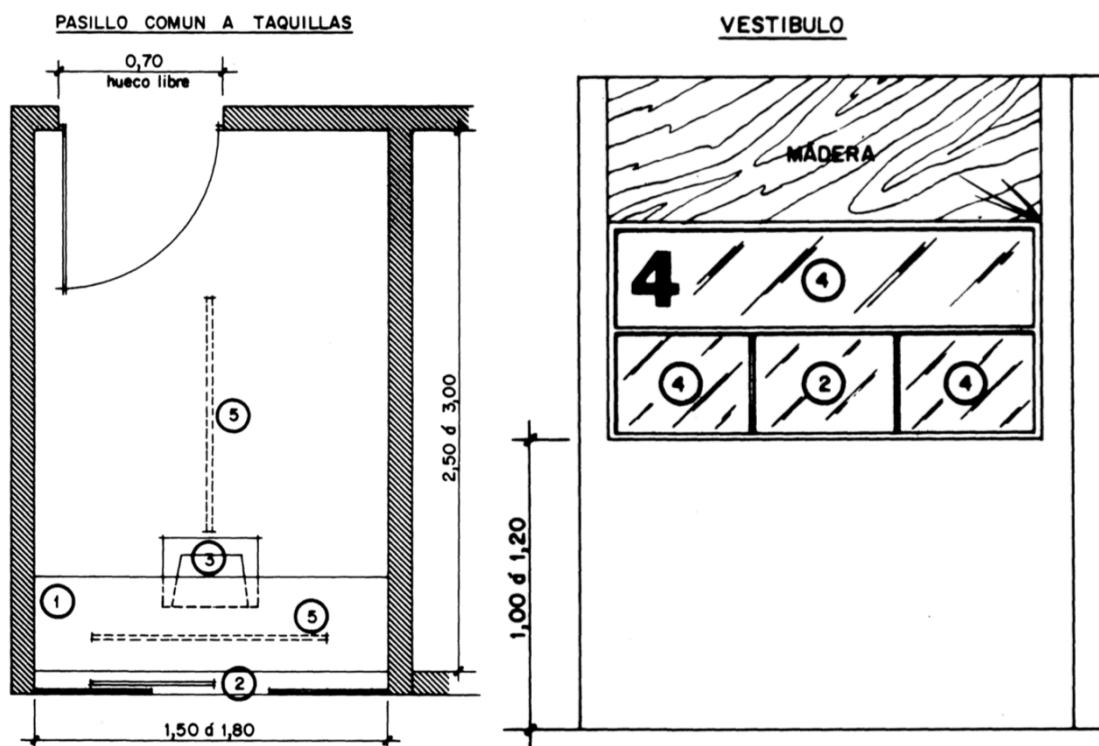


Imagen 32: Dimensiones de las taquillas
Fuente: (Diseño de estaciones de autobuses. Vicente Olalla)

3.4.3 MAQUINAS EXPENDEDORAS DE BILLETES

Con el fin de evitar colas ante las taquillas de los operadores, se dispondrá de un número adecuado de máquinas expendedoras de billetes.

3.4.3.1 NÚMERO DE MAQUINAS NECESARIAS

Para determinar ese dato se va a emplear la siguiente fórmula:

$$N_{TVM} = \frac{P_{arr} p_t}{\left(\frac{3600}{t_t}\right)}$$

Siendo:

N_{TVM} = número de máquinas necesarias

P_{arr} = Número de pasajeros que llegan a la estación (p/h)

p_t = proporción de pasajeros que tienen que comprar ticket 3600 = Segundo en una hora (s/h)

t_t = tiempo medio de la venta (s/p)

Hipótesis:

- Número de pasajeros que llegan a la estación: 943 pasajeros
- Proporción de pasajeros que utilizan las maquinas: 40 %
- Tiempo medio de venta: 40 segundos

$$N_{TVM} = \frac{943 \cdot 0,4}{\frac{3600}{40}} = 4,2 \cong 5 \text{ maquinas}$$

El reparto será el siguiente:

- 1 maquina → Renfe
- 2 maquinas → FEVE
- 2 maquinas → Torrebus



Imagen 33: Maquina expendedora tipo

3.4.4 ASCENSORES

Para un adecuado funcionamiento del ascensor en el dimensionamiento se debe considerar $0.17-0.28 \text{ m}^2/\text{pax}$.

Se van a diferenciar los siguientes ascensores:

- Instalado dentro de la estación:
 - Ascensor para oficinas o uso del personal (A5)
- Instalados fuera del edificio de la estación:
 - Ascensores para uso de viajeros en itinerarios accesibles secundarios. Normalmente se usan estos ascensores solo para personas de movilidad reducida y con dificultades de movilidad acompañados por empleados. (A3)

Las dimensiones de los ascensores se detallan a continuación.

Tipo	Ancho puerta (mm)	Ancho caja (mm)	Fondo caja (mm)	Ancho hueco (mm)	Fondo hueco (mm)
A3	900- 1000	1350	1400	2100	2100
A5	800- 900	1100	1400	2000	2100

*Imagen 34: Ascensores necesarios
Fuente: (Elaboración propia)*

3.4.5 TORNOS Y CONTROLES DE ACCESO

Los controles de acceso son necesarios en los accesos a andenes FEVE con el fin de evitar entrada de pasajeros sin billetes. Los pasajeros obtendrán sus billetes en la estación, por lo tanto, la demora en acceso va a ser mínima.

Sin embargo, el manual recoge la capacidad de los acceso en función del tipo de torno o control.

Type of Entrance	Observed Average Headway (s)	Equivalent Pedestrian Volume (p/min)
Free admission (barrier only)	1.0–1.5	40–60
Ticket collection by staff	1.7–2.4	25–35
Single-slot coin- or token-operated	1.2–2.4	25–50
Double-slot coin-operated	2.5–4.0	15–25
BART (transported magstripe ticket, low bi-leaf gate)	2.3–2.9	21–26
London (transported magstripe ticket, high bi-leaf gate)	2.4	25
New York (swiped magstripe ticket, turnstile)	2.6–2.9	21–23
London (smart card, high bi-leaf gate)	2.4	25
Exit gate, 3.0 ft (0.9 m) wide	0.8	75
Exit gate, 4.0 ft (1.2 m) wide	0.6	100
Exit gate, 5.0 ft (1.5 m) wide	0.5	125

*Imagen 35: Capacidad de los accesos de control en función del tipo de control
Fuente: (Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público)*

Para la estación intermodal objeto de proyecto se elige el tipo de control “LONDON” con el ticket magnético y portón bilateral alto. Utilizando este tipo de control su capacidad es de 25 pasajeros por minuto. Se van a disponer 3 controles y de entrada

y 2 de salida. Los controles de salida se instalan con el mismo objetivo que los de entrada, ya que para salir será obligatorio disponer de ticket.



Imagen 36: Ejemplo de tornos de control

4. PROPUESTA DE DISEÑO

El objetivo del presente apartado es definir y justificar el diseño adoptado de la nueva estación intermodal de Torrelavega y de algunos viales de la ciudad. Se tratarán todos los elementos que van a ser nuevos.

4.1 Diseño completo de la planta del interior del edificio la estación

El diseño propuesto se trata de la unión de dos edificios existentes con algunas modificaciones tanto en su interior como en su exterior. La estación esta delimitada por una parte por la zona de circulación de autobuses y por otra parte por la zona destinada a parada de taxis y otra zona para circulación de autobuses urbanos.

La entrada en la estación se realiza por medio de dos puertas automáticas situadas en dos extremos de la estación.

Las taquillas de los diferentes proveedores estarán situadas a ambos lados de la estación. En un lado estarán las de transporte ferroviario y en el otro las de transporte rodado.

En medio de la estación estarán bancos para que los pasajeros puedan sentarse para esperar la hora de salida de autobús o tren. Desde esa zona de espera se verán paneles de información.

Después de las taquillas, la distribución puede ser diferente. El autor del presente proyecto ha adoptado el diseño que se muestra en la siguiente imagen.

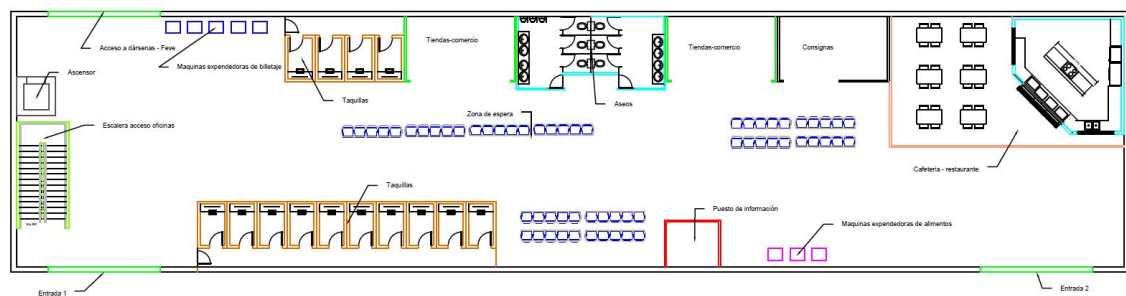


Imagen 37: Planta general del interior del edificio

A continuación, se muestran imágenes ampliadas.

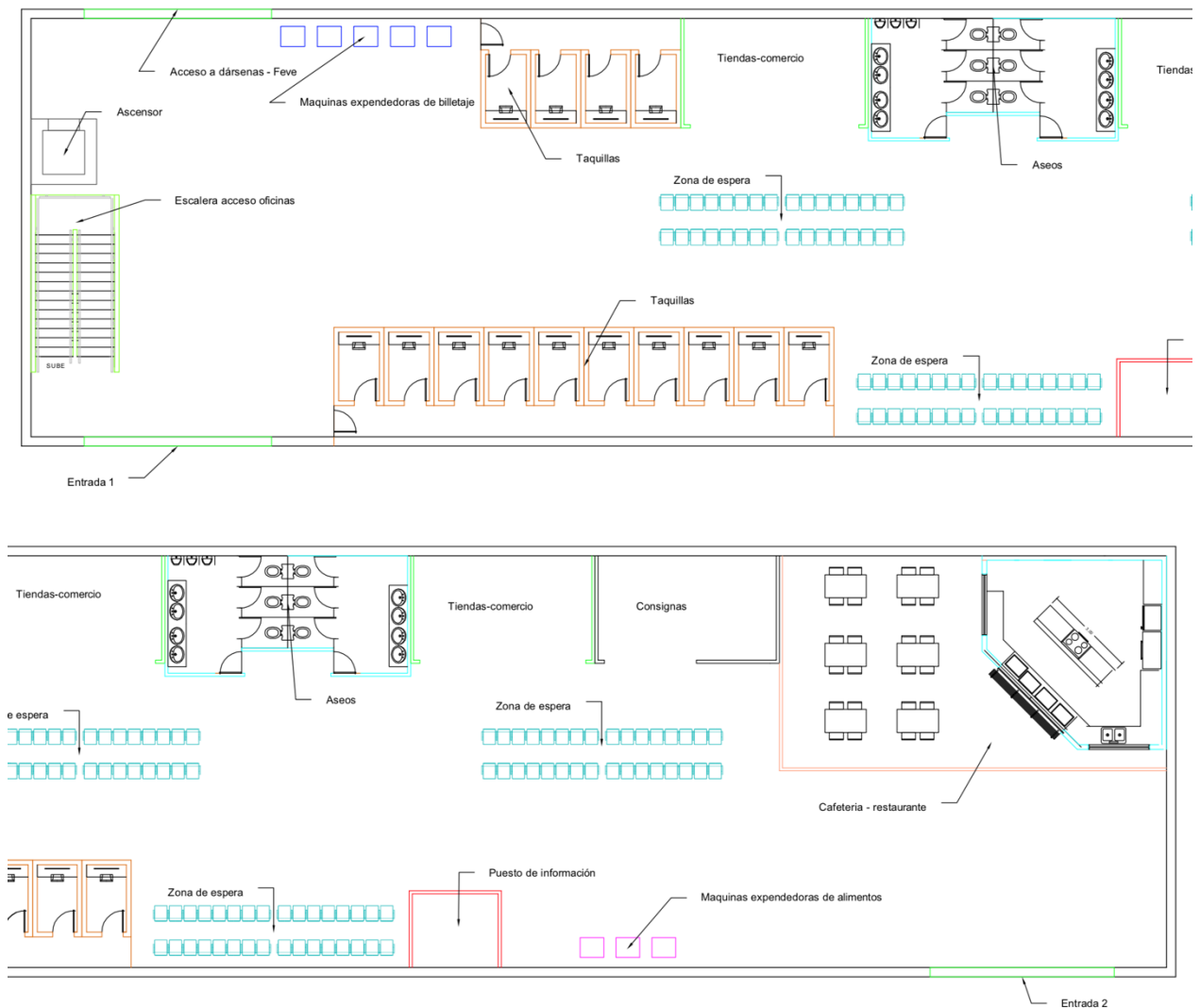


Imagen 38: Planta general del interior del edificio (ampliada)

Por lo tanto, en la planta baja los servicios y elementos son:

- Taquillas de diferentes operadores
- Maquinas expendedoras de billeteaje
- Sillas de espera
- Zonas comerciales
- Aseos
- Cafeteria-restaurante
- Ascensor

- Esclareas de acceso a oficina de primera planta
- Puesto de información
- Consignas
- Maquinas expendedoras de alimentos

La primera planta se va a destinar a zona de oficinas y su distribución se muestra en la siguiente imagen.

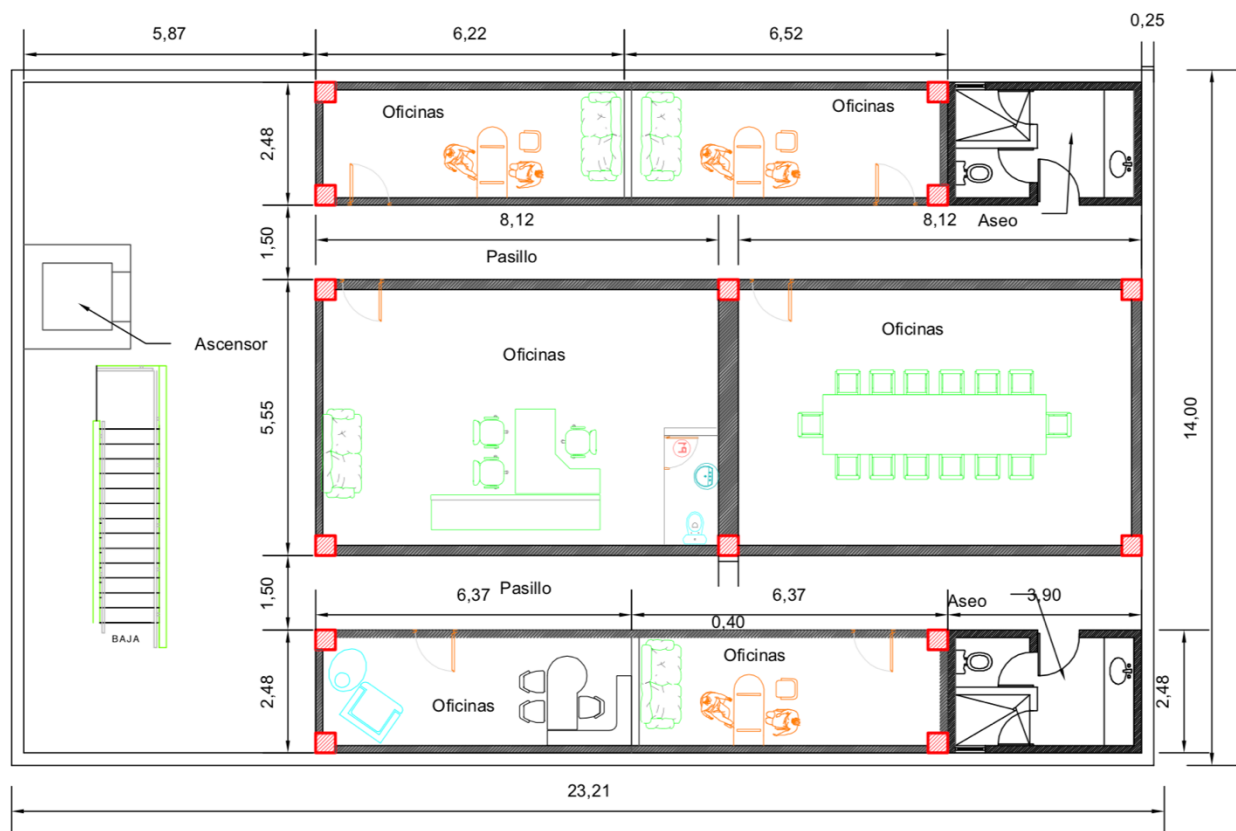


Imagen 39: Planta general de la planta de oficinas del edificio de la estación

La distribución y la superficie de las oficinas puede ser distinta, en función de las necesidades.

4.2 Diseño de la planta general de la estación y sus exteriores.

El diseño de las dársenas, entradas, salidas y los viales de conexión es una de las tareas más importantes de este proyecto y es por eso se han tenido en cuenta los diferentes factores que influyen en el diseño.

Estos factores se enumeran a continuación.

- Radio de giro mínimo de autobús
- Radio de giro mínimo de un vehículo
- Ancho necesario del carril bus
- Ancho mínimo de la zona peatonal

4.2.1 Zona de las dársenas

Como ya se ha comentado en apartados anteriores el número de dársenas necesarias para un correcto funcionamiento son 14. Las dársenas se han repartido en ángulo a dos lados de la estación. La isleta central sirve para dar el radio de giro necesario para autobuses. El espacio de la isleta se va a utilizar para situar unas dársenas de refuerzo y parking para la administración y personal de mantenimiento.

En la zona a la izquierda de las dársenas se han situado los conjuntos de escaleras para acceder a la estación del tren de cercanía de FEVE

A continuación, se muestra una imagen con el diseño propuesto.

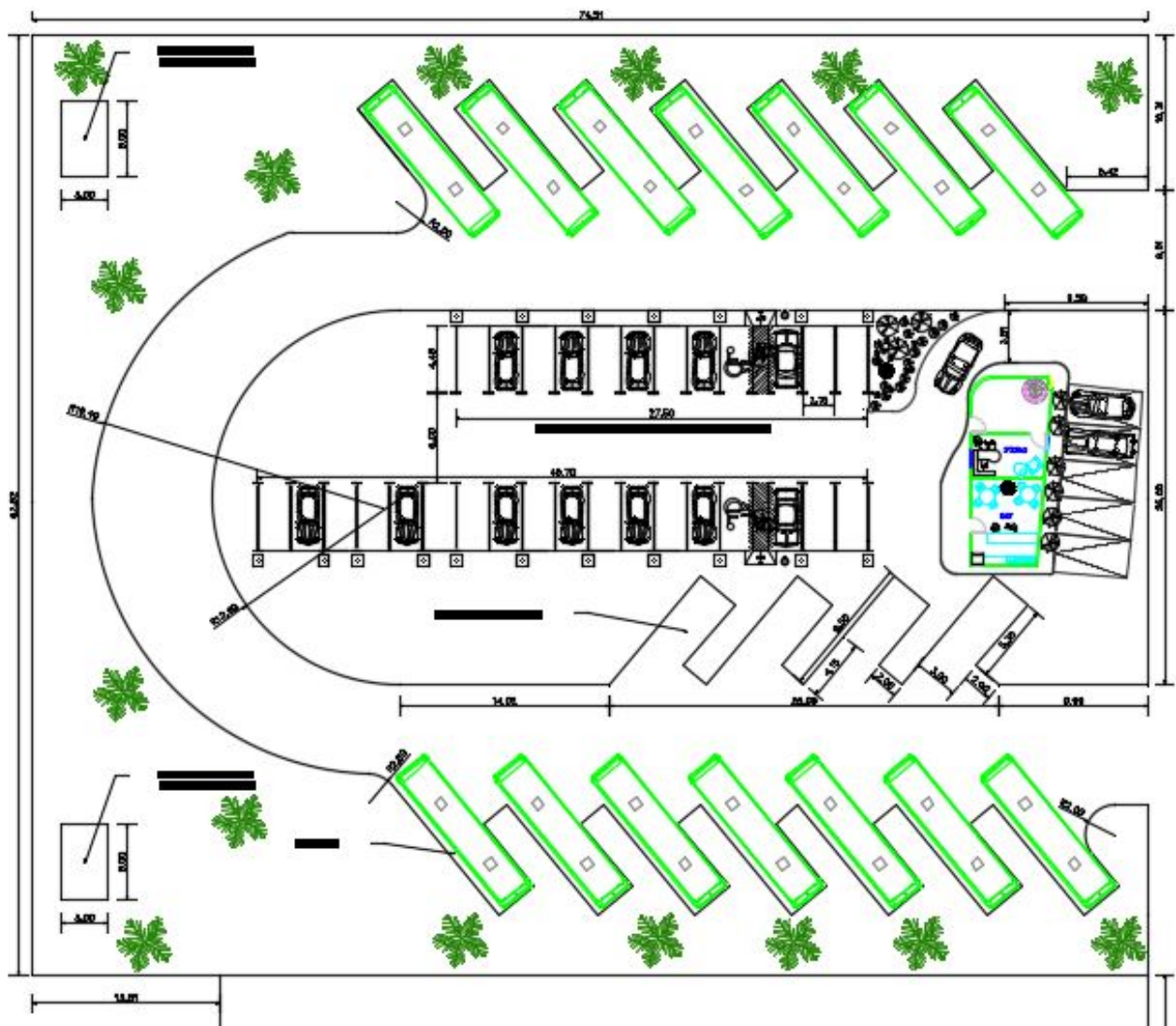


Imagen 40: Planta general de la zona de las dársenas
Fuente: (Elaboración propia)

4.2.2 Diseño de la zona adjunta a la estación

Al modificar el diseño de la estación, la planificación y los viales adyacentes, también hay que adaptar zonas exteriores al nuevo diseño.

En el diseño actual los autobuses no pasaban por la estación, en el diseño propuesto la línea verde va a realizar sus paradas en la estación intermodal.

A continuación, se muestra una imagen con el diseño propuesto.

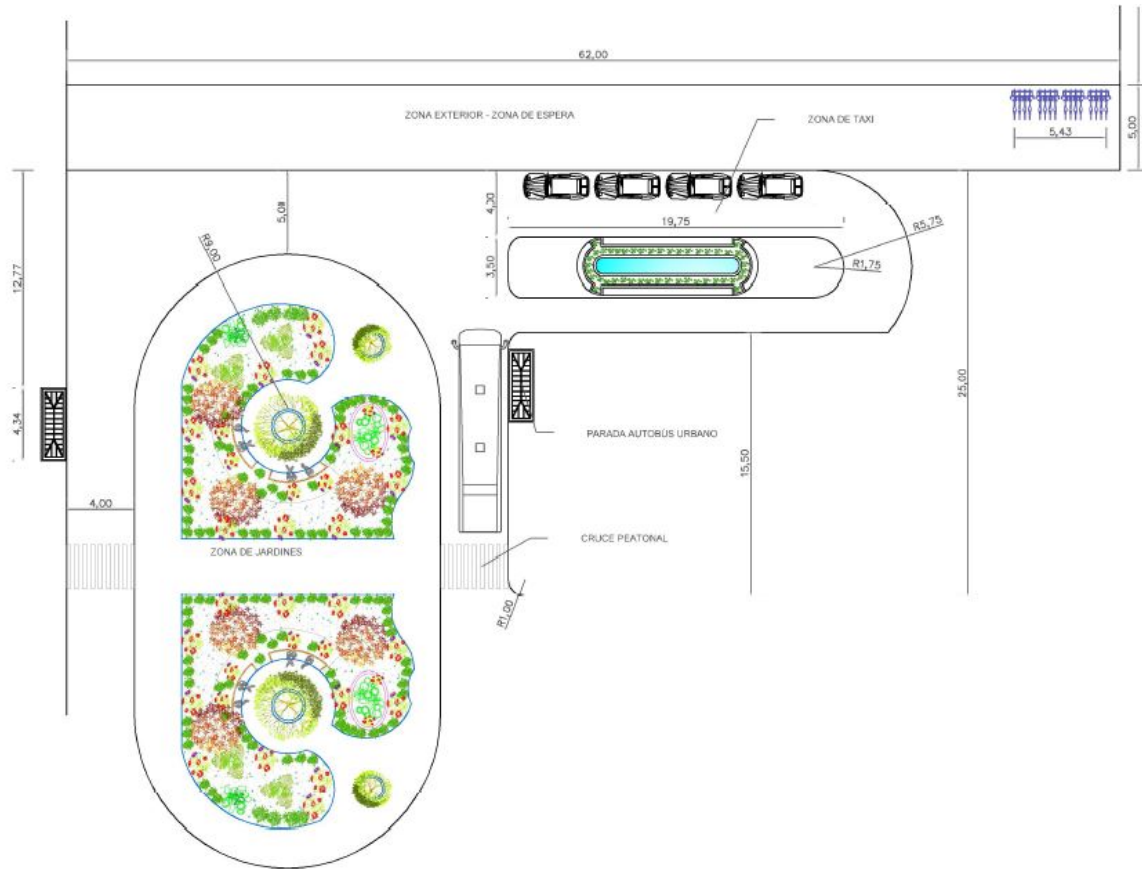


Imagen 41: Planta general de la zona exterior de la estación
Fuente: (Elaboración propia)

5. SIMULACIÓN

El objetivo de este apartado es presentar los datos obtenidos a partir del programa informático AIMSUN. El software AIMSUN es un programa de modelización microscópica del tráfico rodado y peatones en escenario definido por el usuario.

5.1 Definición del modelo

Para llevar a cabo la simulación se han hecho los siguientes pasos:

5.1.1 Área de trabajo

Con el fin de poder disponer de resultados más fiables se ha elegido un área de trabajo que abarca las glorietas que dan acceso a las carreteras N-611 y A8.



Imagen 42: Red en AIMSUN
Fuente: (Elaboración propia en AimSun)

En la imagen anterior se pueden observar los cambios en los viales actuales.

- La calle Hermilio Alcalde del Rio ha pasado a ser de 1 carril a 2 carriles, 1 por sentido.

- En la calle Pablo Garnica se ha situado una glorieta de 2 carriles que da acceso a la estación, aparcamientos y zona residencial.



*Imagen 43: Red de AimSun con los nuevos viales
Fuente: (Elaboración propia en AimSun)*



Imagen 44: Situación actual de la zona
Fuente: (Google Maps)

5.1.2 Demanda de vehículos

A la hora de redactar este proyecto no se disponía de datos actualizados de la zona. Para poder simular el modelo con margen de seguridad, se han cogido los datos de 2015 y se han multiplicado por un coeficiente de mayoración. Para cada vial se ha aplicado un coeficiente de mayoración diferente en función de la importancia del vial. En los tramos en los que no se disponía ningún dato, se ha cogido el de la zona más cercana y se ha multiplicado por correspondiente coeficiente.

Se ha situado los centroides en los siguientes puntos:

1. En las entradas a ciudad



Imagen 45: Entradas a la ciudad
Fuente: (Google Maps)

2. En la calle José María Pereda
3. En la calle Ruiz Tagle
4. En la calle Pancho Cassio
5. En la calle Pablo Garnica

En total se han utilizado 6 centroides. Se muestran en la imagen de la siguiente página:

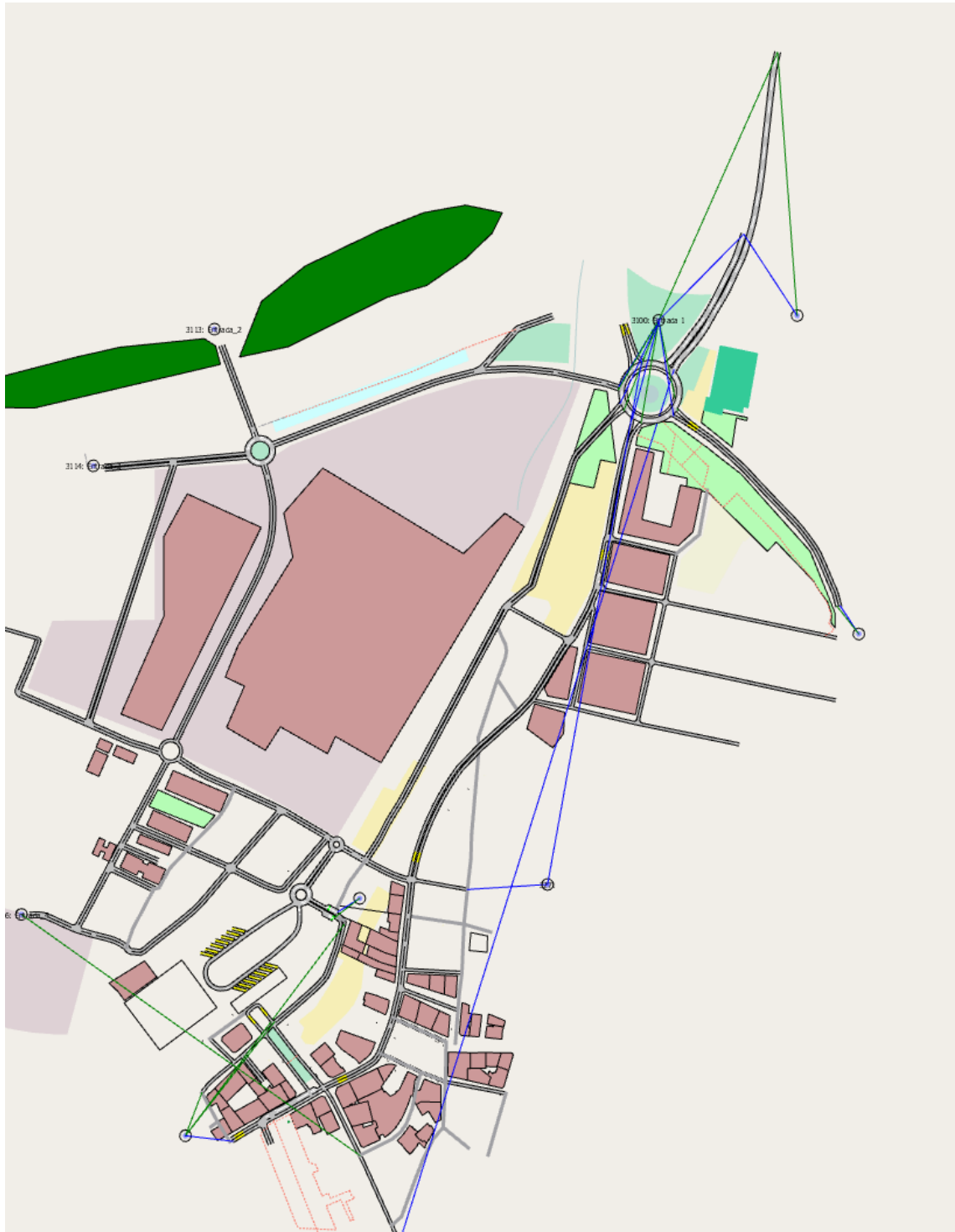


Imagen 46: Ubicación de centroides en la red
Fuente: (Google Maps)

A continuación, se muestra la matriz Origen-Destino.

- Vehículos ligeros

Matriz OD: 3131, Nombre: Vehículos Ligeros (b8334d7a-31fb-4d74-8e89-284358280e68) (Configuración de Centroides 3099: Configuración de Centroides 3099)

PrincipalCeldasHistogramaAsignación de caminosParámetros

Cabeceras: ID: NombreAgrupación: Ninguno

☐ Permitir Valores Negativos☐ Mostrar Todos los Centroides☐ Ocultar Filas Vacías☐ Ocultar Columnas Vacías

	3100: Entrada_1	3113: Entrada_2	3114: Entrada_3	3116: Entrada_4	3127: Entrada_6	11: Parking_Estaci	3920	3926: extra	Total
3100: Entrada_1		25	90	15	20	25		25	200
3113: Entrada_2	25		25	25	20	10		25	130
3114: Entrada_3	15	15		35	25	10		25	125
3115: Entrada_5	25	15	19		30	15		15	119
3116: Entrada_4	25	15	15		30	15		10	110
3127: Entrada_6	20	15	15	15		10		10	85
3271	25	15	25	30	12	10		15	132
3911: Parking_Estación	20	15	10	10	10			10	75
3920								12	12
3926: extra	25	25	25	10	10	10	10		115
Total	180	140	224	140	157	105	10	147	1103

Operación: Ninguno

AyudaDuplicarOKCancel

Imagen 47: Matriz Origen-Destino de vehículos ligeros
Fuente: (Elaboración propia en AimSun)

- Camiones

Matriz OD: 3132, Nombre: Camiones (34691c4e-ddd4-48aa-8a81-bc7d397ce67a) (Configuración de Centroides 3099: Configuración de Centroides 3099)

PrincipalCeldasHistogramaAsignación de caminosParámetros

Cabeceiras: ID: NombreAgrupación: Ninguno

☐ Permitir Valores Negativos☐ Mostrar Todos los Centroides☐ Ocultar Filas Vacías☐ Ocultar Columnas Vacías

	3100: Entrada_1	3113: Entrada_2	3114: Entrada_3	3116: Entrada_4	3127: Entrada_6	11: Parking_Estaci	3920	3926: extra	Total
3100: Entrada_1		20	15	5	5			15	60
3113: Entrada_2	15		10	5	5			15	50
3114: Entrada_3	20	15		5	6			20	66
3115: Entrada_5	5	5	5		5				20
3116: Entrada_4	3	4	4		5				16
3127: Entrada_6	5	5	5	5					20
3271									
3911: Parking_Estación									
3920									
3926: extra	25	20	30						75
Total	73	69	69	20	26			50	307

Operación: Ninguno

AyudaDuplicarOKCancel

Imagen 48: Matriz Origen-Destino de vehículos pesados
Fuente: (Elaboración propia en AimSun)

5.1.3 Red de transporte público

En este apartado hay que diferenciar dos tipos de transporte público:

- Urbanos:

Esta es gestionado por la compañía Torrebus. En el área elegido para la simulación solo pasan 3 líneas de autobuses urbanos que son las líneas azul, roja y verde. El recorrido de la línea verde se ha modificado con el fin de disponer de una parada enfrente de la estación intermodal.

En el programa AimSun para cada línea se han definido los siguientes parámetros:

- Recorrido
- Paradas
- Horarios, Frecuencia de paso y Horas de funcionamiento

- Interurbano

Las líneas interurbanas son gestionadas por diferentes operadores. Las líneas tienen recorridos en función de su origen y su destino. En algunos casos hay posibilidad de 2 rutas distintas con el mismo destino. Este caso se ha utilizado para no cargar mucho ciertos viales.

Se han tenido que definir los recorridos tanto de ida como de vuelta. Esto se ha hecho debido a que el programa no tiene función de definir las dársenas. Por lo tanto, se han hecho recorridos de ida que terminaban su ruta en dársena y las ruta de vuelta empezaban sus recorridos en dársena.



A continuación, se muestran las líneas que se han definido en el programa.

<i>Línea</i>
Rinconeda - Torrelavega
Torrelavega-Renedo
Madrid - Santander
Selaya-Torrelavega
Torrelavega - Cobreces
Reinosa-Santander
Torrelavega-Mogro
Torrelavega-Suances
Potes - Santander
Santander - Valladolid - Sevilla
Rinconeda - Torrelavega
Llanes - Irun
Gijon - Santander
Santander - Pejanda
Torrelavega-Santander
Santander-Las Presillas- Torrelavega
Torrelavega-Santillana

Tabla 8: Líneas interurbanas definidas en el programa
Fuente: (Elaboración propia)

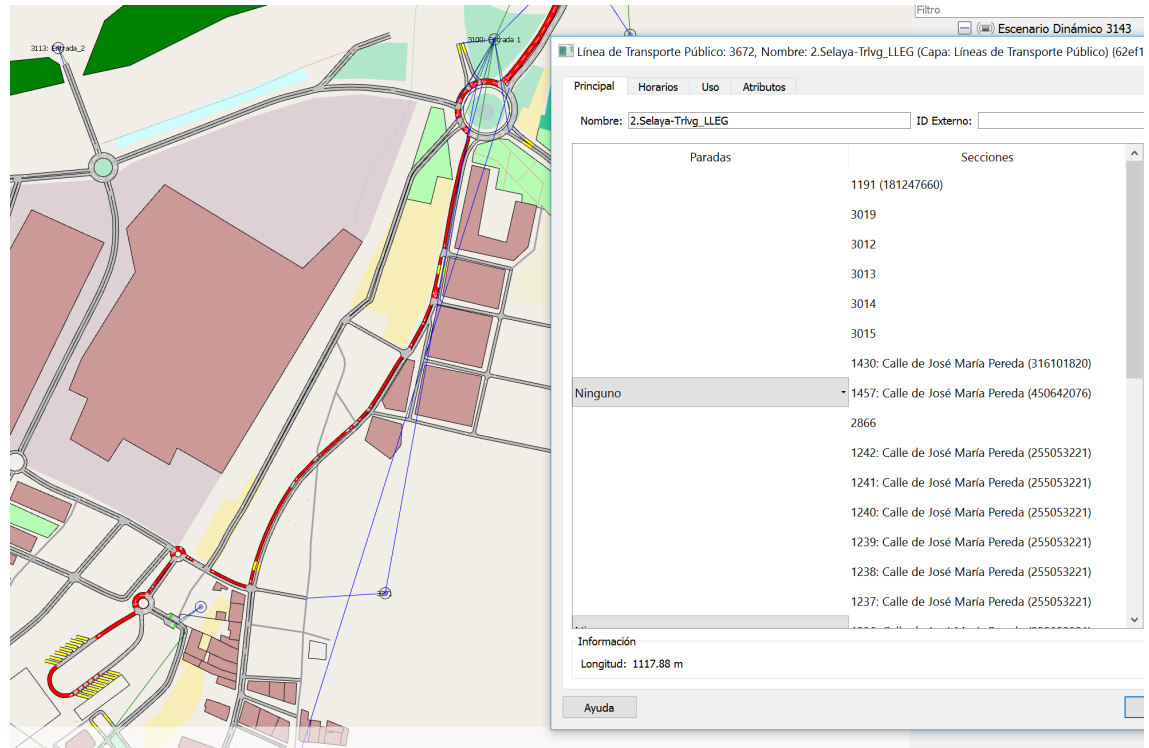


Imagen 49: Recorrido de una línea
Fuente: (Elaboración propia en AimSun)

5.1.4 Red de peatones (Legion)

Legion es un componente totalmente integrado en el software AimSun y permite simular movimientos de peatones, de manera que resulta muy adecuado para comprobar el correcto dimensionamiento del intercambiador.

De manera que se procede a reproducir el plano del intercambiador propuesto en el software así como la especificación de las entradas y salidas de peatones a la red a través de las paradas de autobuses y de los pasos de peatones.

A través de Legion se crea una red peatonal dentro de la propia estación perfectamente coordinada con las llegadas y salidas de los autobuses

Se ha definido el siguiente área peatonal:

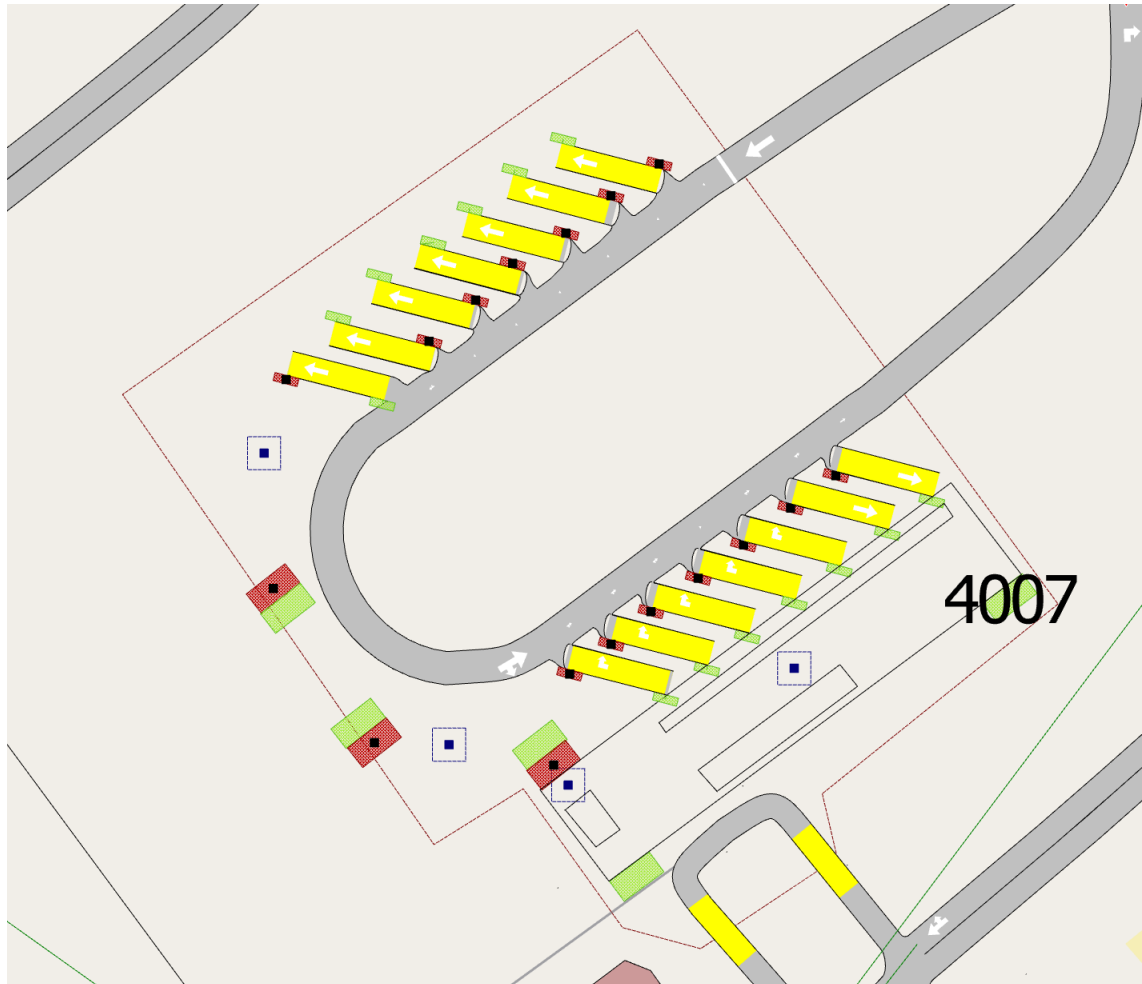
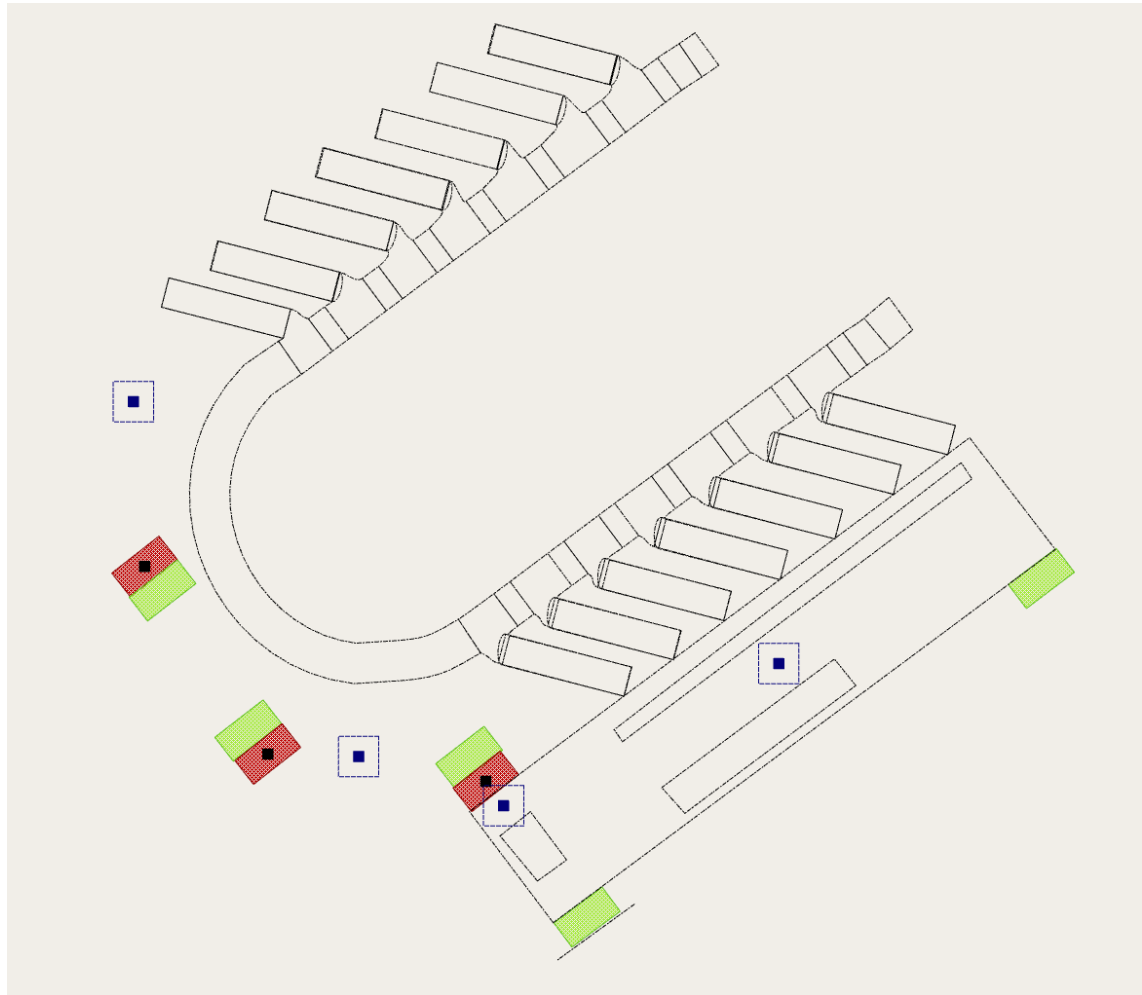


Imagen 50: Área peatonal en AimSun
Fuente: (Elaboración propia en AimSun)

Una vez definido el área peatonal, se han definido los obstáculos de la zona peatonal. Los obstáculos se pueden definir de forma automática y de forma manual.

A continuación, se muestra la imagen con los obstáculos definidos.



*Imagen 51: Obstáculos definidos en el AimSun
Fuente: (Elaboración propia en AimSun)*

Una vez definidos los obstáculos, se ha procedido a definir los centroides de origen y destino. En estado caso se han definido los siguientes:

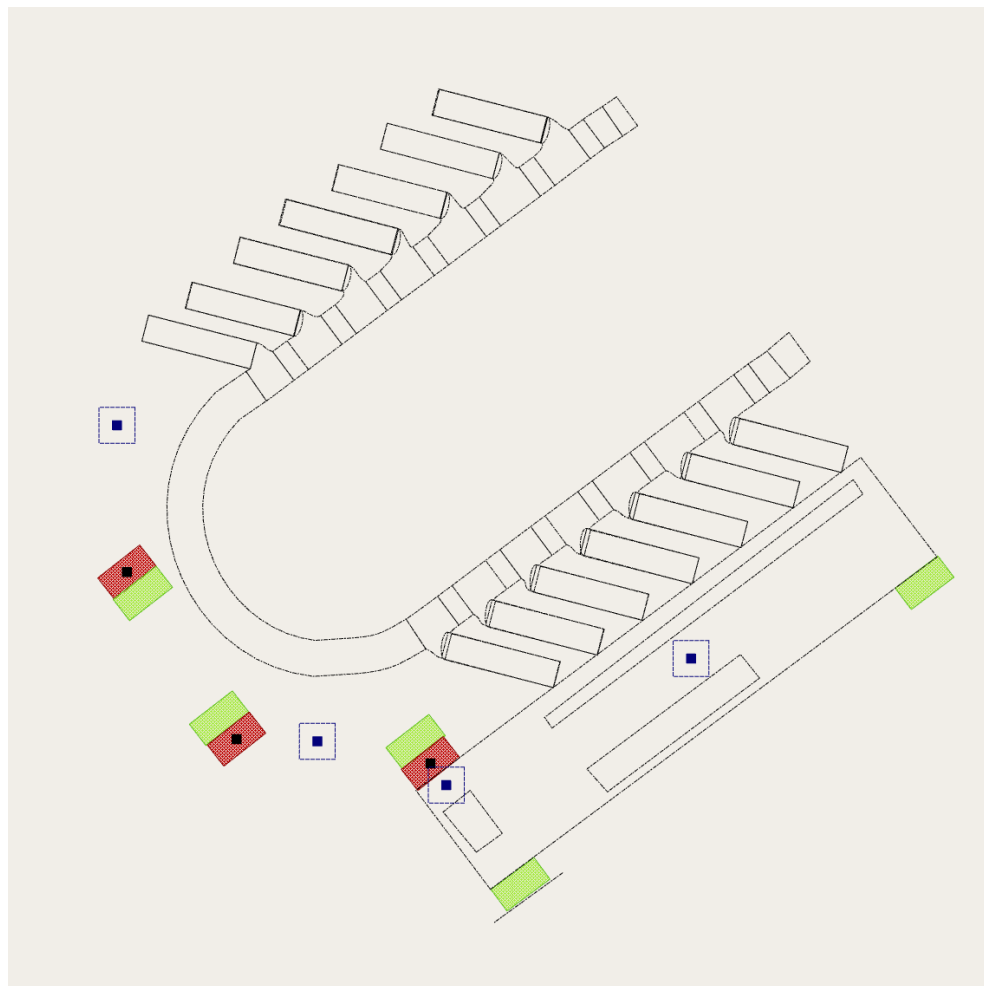
- Origen:
 - Entrada 1 en la estación
 - Entrada 2 en la estación
 - Salidas de FEVE
- Destino:
 - Acceso a dársenas

- Acceso a FEVE

Los centroides definidos se pueden observar en la imagen anterior. Están definidos por colores, verde de origen y rojo de destino.

Por último, hay que definir los nodos de decisión que ayudan a usuarios a tomar la decisión en cuanto a su recorrido. En total se han definido 4 nodos de decisión:

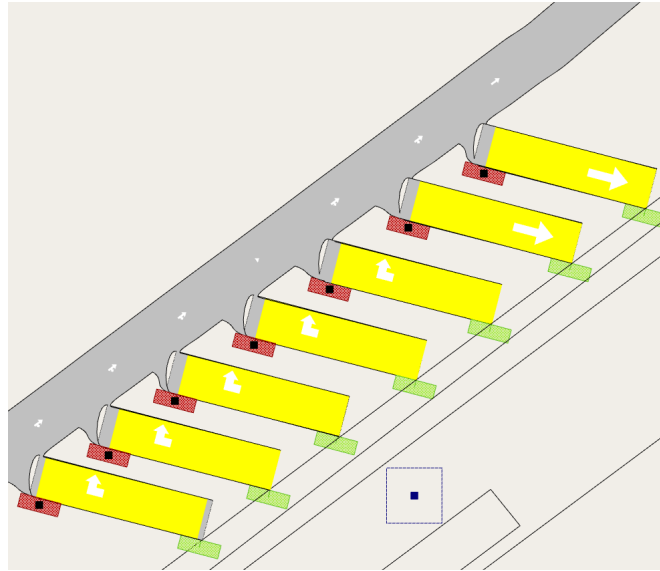
- En el centro de estación
- En la salida (acceso a dársenas) de estación
- En la entrada/salida a la estación FEVE
- En el otro lado de las dársenas



*Imagen 52: Nodos de decisión definidos en el AimSun
Fuente: (Elaboración propia en AimSun)*

En caso de que tengamos transporte público, como es el caso de nuestro proyecto tenemos que definir el origen y destino del centroide en cada para de autobús.

A continuación, se muestra una imagen con los elementos insertados.



*Imagen 53: Centroides de peatones en una parada de autobuses en AimSun
Fuente: (Elaboración propia en AimSun)*

Los mismos elementos se insertan en las paradas de otras dársenas y en las paradas de líneas urbanas que están dentro del área peatonal.

5.2 Resultados obtenidos

El programa AIMSUN permite obtener diferentes resultados, de forma gráfica o analítica. La forma más sencilla de entender los resultados es mediante una captura con la red analizada en la que en función de los colores se sabe la intensidad y densidad de vehículos en cada tramo.

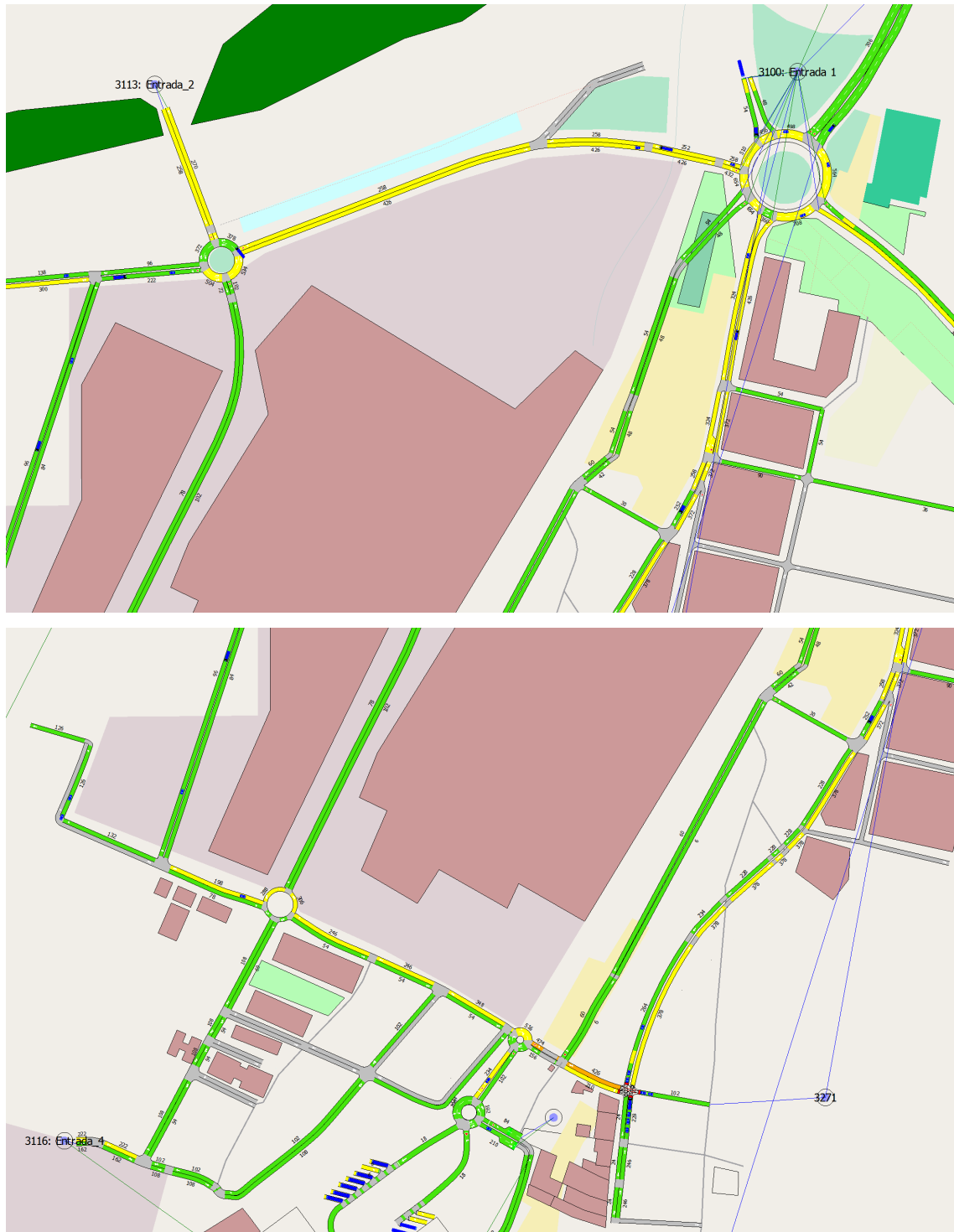
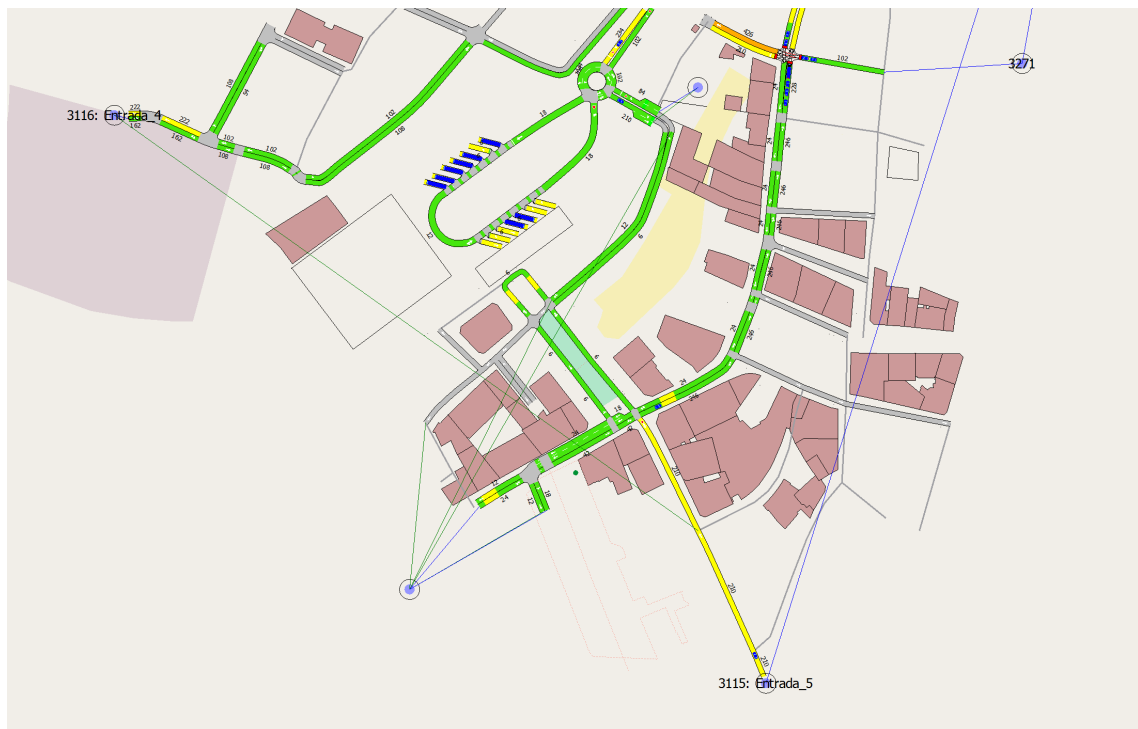
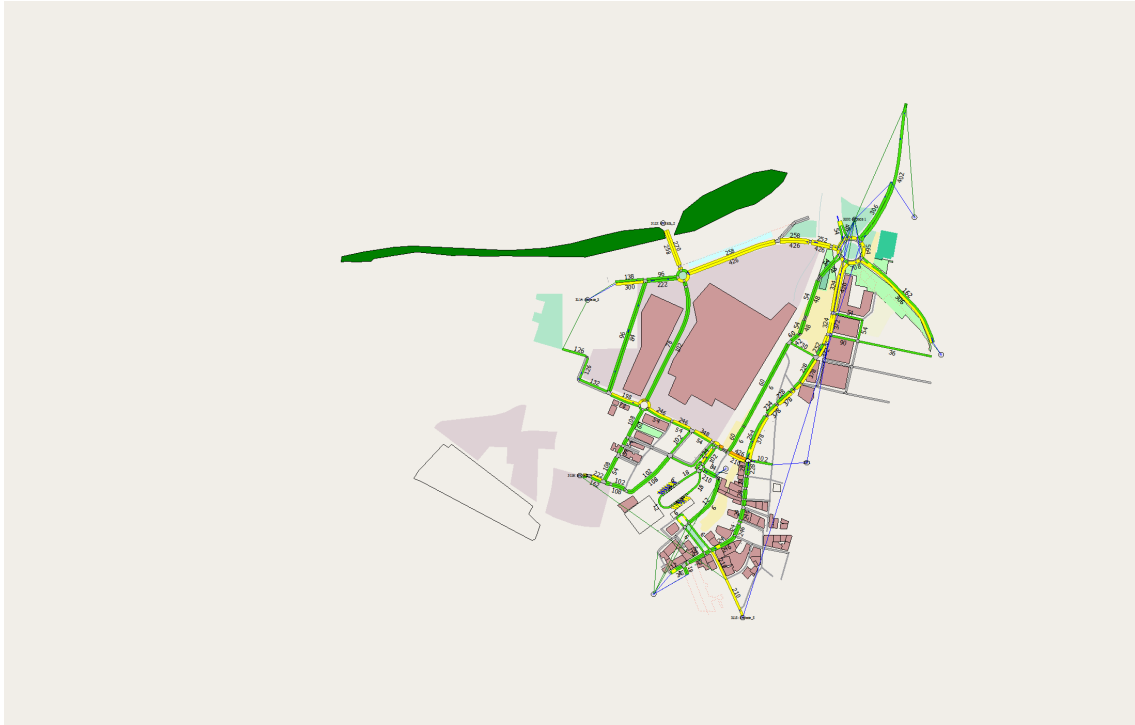


Imagen 54: Resultados de la micro simulación de la Red en AimSun
Fuente: (Elaboración propia en AimSun)





*Imagen 55: Resultados de la micro simulación de la Red en AimSun 2
Fuente: (Elaboración propia en AimSun)*

En las imágenes anteriores se puede apreciar que incluso sobredimensionando la red, la misma no se colapsa y sigue funcionando bien incluso en horas punta. Hay un tramo de color naranja correspondiente a vial de la unión de la ciudad con la estación.

6. CONCLUSIONES

En primer lugar, hay que destacar el impacto negativo que generan los pasos a nivel que discurren dentro de una ciudad. Esos pasos generan un efecto barrera que impide una circulación continua de peatones, vehículos, transporte urbanos, etc. Como consecuencia se producen retenciones cuyo efecto se propaga más allá de la zona de paso de nivel. Otra desventaja es que mucho terreno valioso se queda limitado solo a un uso que es el de las vías ferroviarias. Soterrando las vías se generarán nuevos espacios que podrán destinarse a zonas verdes, parques jardines, es decir, a zonas que van a enriquecer la ciudad.

Por otro lado, la implantación de una estación intermodal tiene muchas ventajas y algunas desventajas. En nuestro caso la actual estación de autobuses se encuentra en el casco urbano debajo de un edificio de viviendas. Eso genera ciertos factores negativos, como son:

- La seguridad: al haber más circulación de autobuses, taxis y otros vehículos, genera una zona menos segura para peatones.
- Congestionamiento de tráfico.
- Ruido
- Emisiones

Si se traslada la estación de autobuses a la nueva estación intermodal casi todos los factores citados se van a eliminar o se van a reducir notablemente.

Basándose en la demanda estudiada y los resultados obtenidos del programa informático AimSun se llega a las siguientes conclusiones.

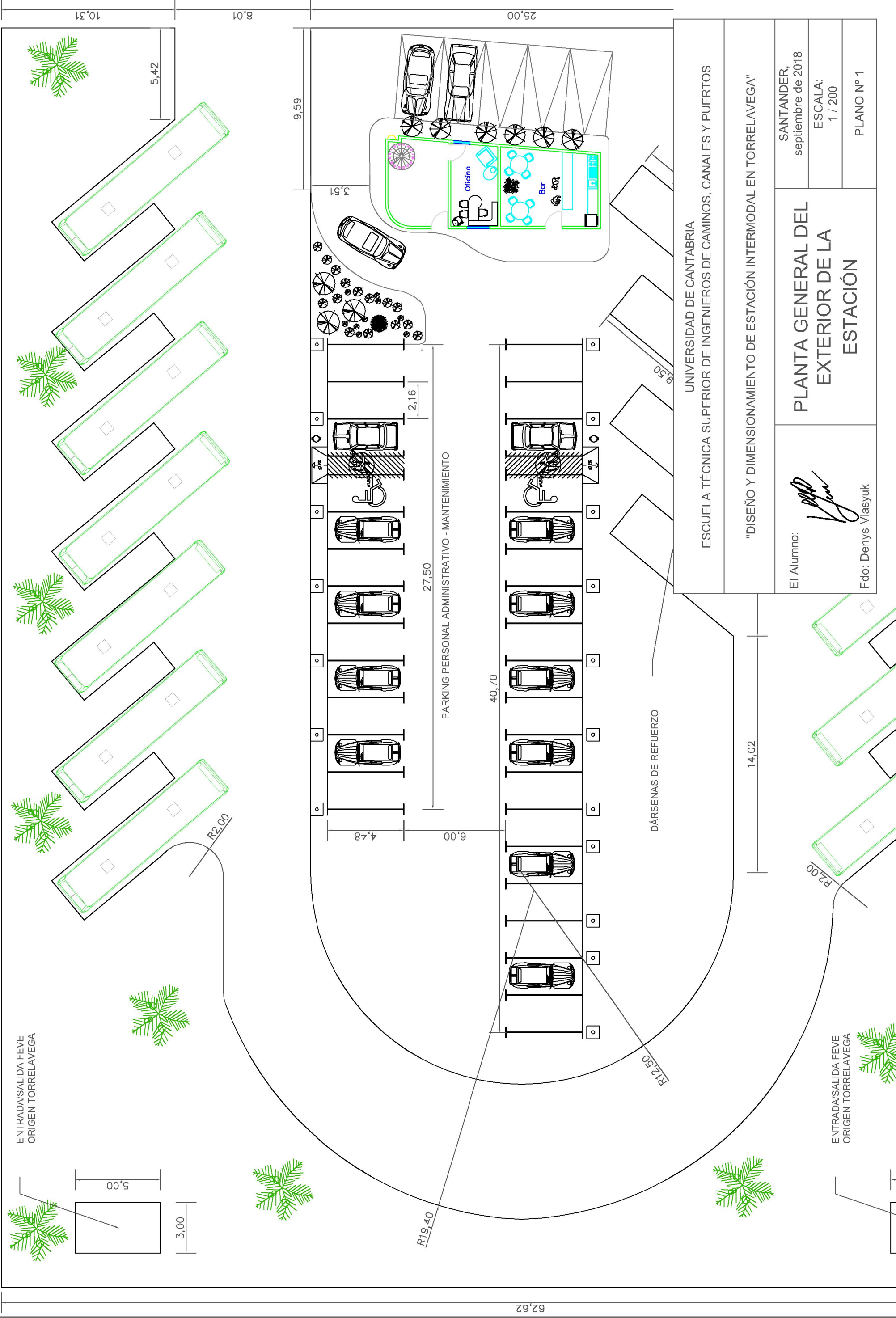
- El diseño del nuevo edificio de la estación cumple con todos los requisitos dimensionales establecidos en el Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del Transporte Público Norteamericano (TCQSM)
- El diseño propuesto da buenos resultados de funcionamiento de las líneas de autobuses urbanos.
- El diseño del nuevo edificio de la estación presenta las facilidades y servicios necesarios para la demanda de pasajeros previstos.



- La demanda de pasajeros se ha sobredimensionado para una posible futura demanda.
- Con el fin de integrar los diferentes medios de transporte se proporcionará un aparcamiento subterráneo y aparcamiento de bicicletas



ANEXO 1: PLANOS



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

"DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ESTACIÓN INTERMODAL EN TORRELAVEGA"

El Alumno:

Denys Viasyuk

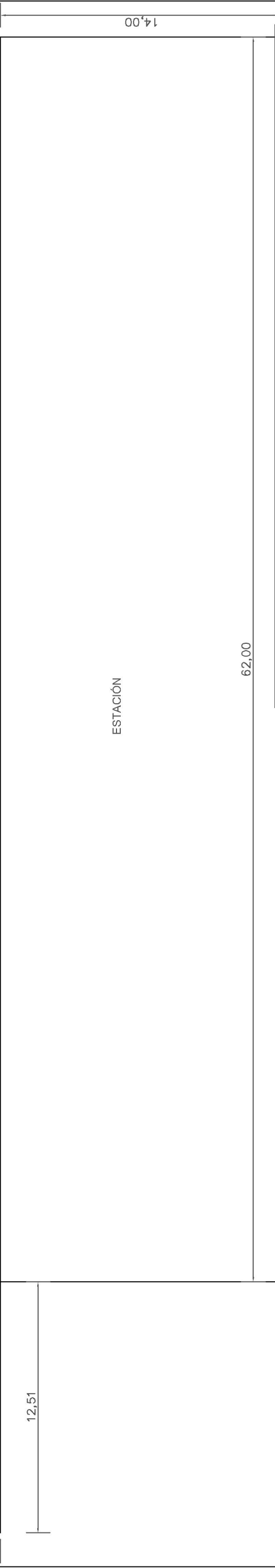
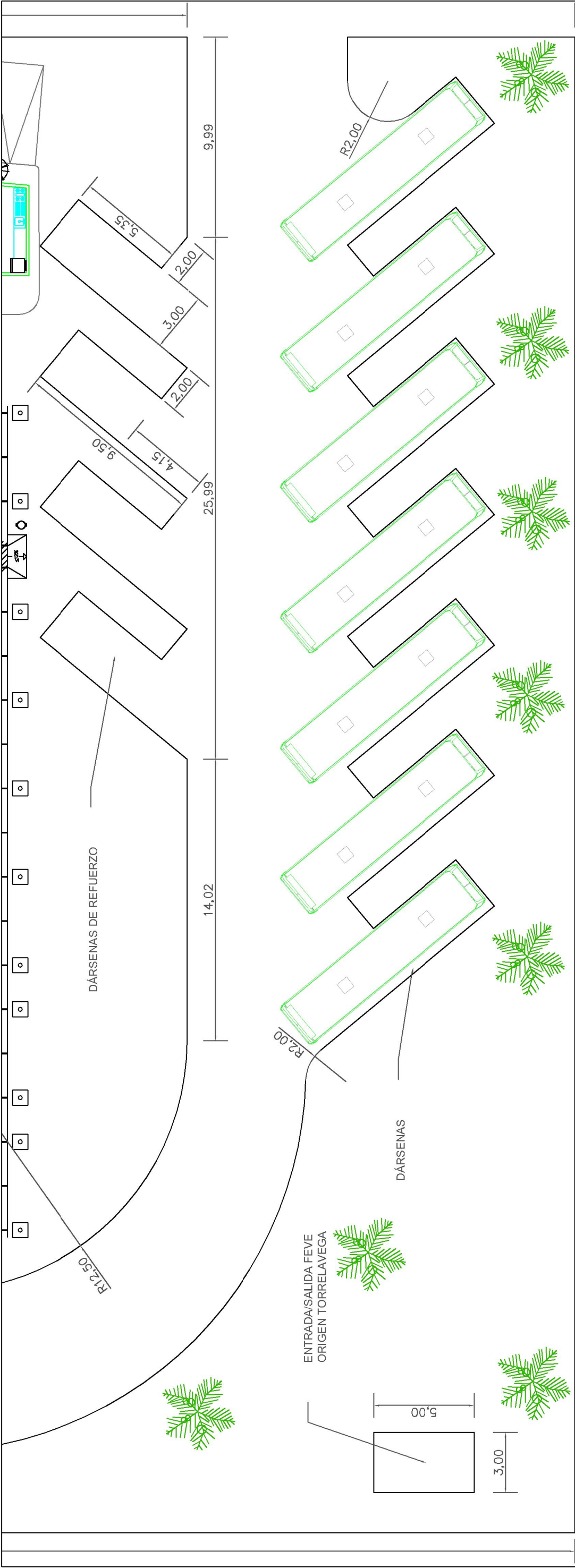
Fdo: Denys Viasyuk


PLANTA GENERAL DEL
EXTERIOR DE LA
ESTACIÓN

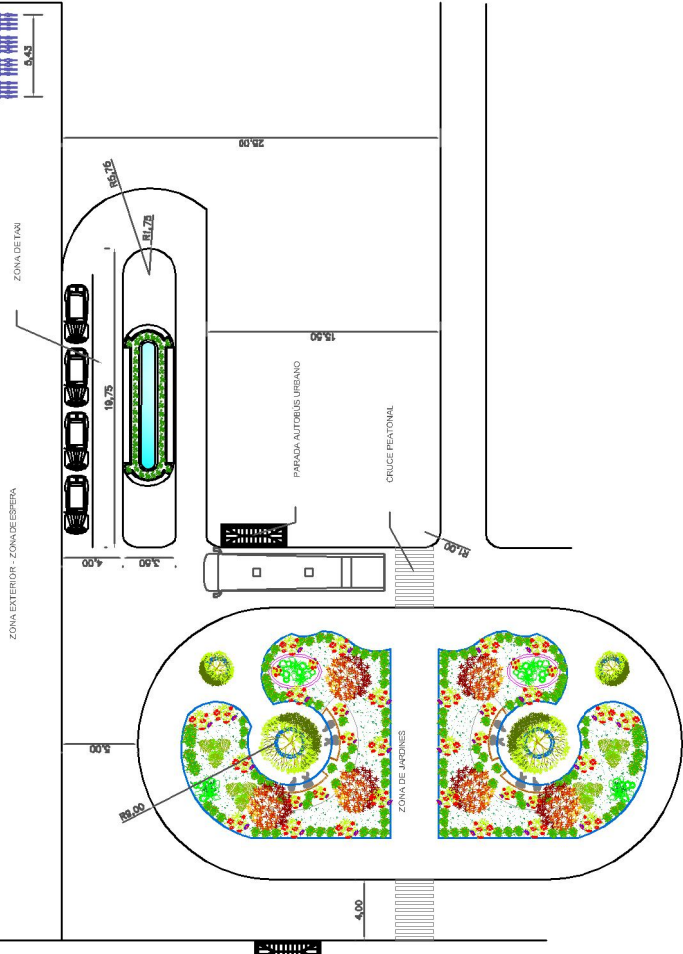
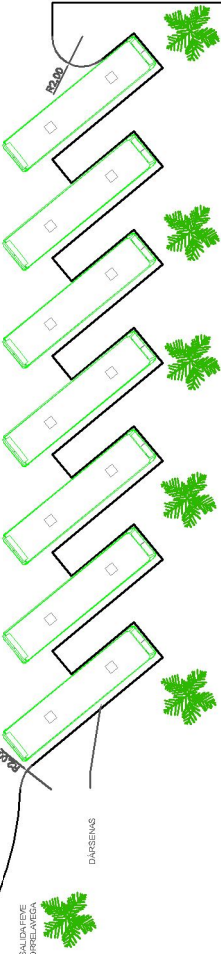
SANTANDER,
septiembre de 2018

ESCALA:
1 / 200

PLANO Nº 1



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS		SANTANDER, septiembre de 2018	
"DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ESTACIÓN INTERMODAL EN TORRELAVEGA"		PLANTA GENERAL DEL EXTERIOR DE LA ESTACIÓN		ESCALA: 1 / 200	
El Alumno: 		Fdo: Denys Vlasnyuk		PLANO Nº 2	

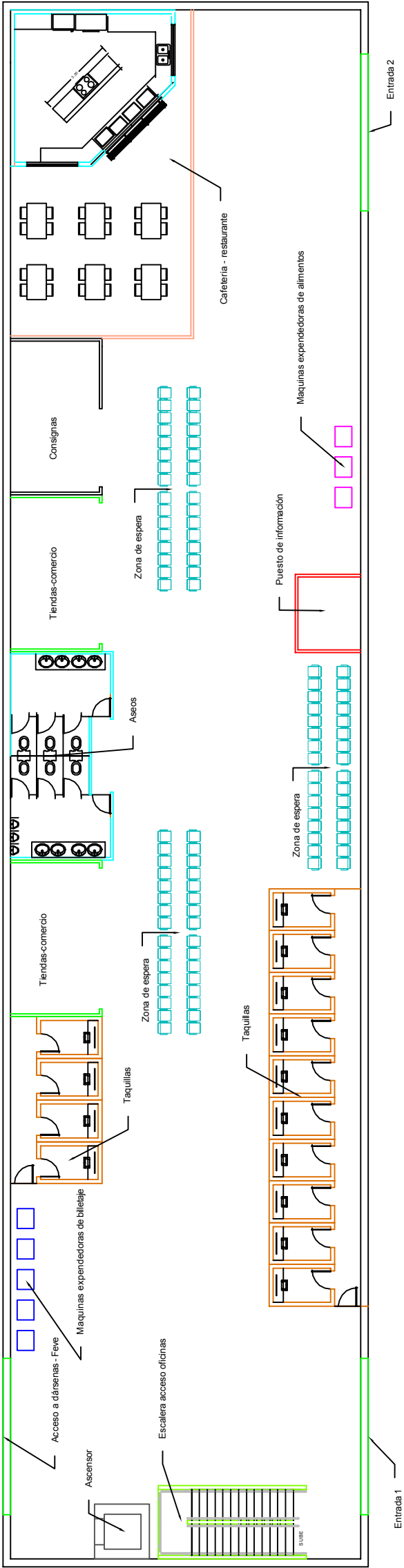


"DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ESTACIÓN INTERMODAL EN TORRELAVEGA"

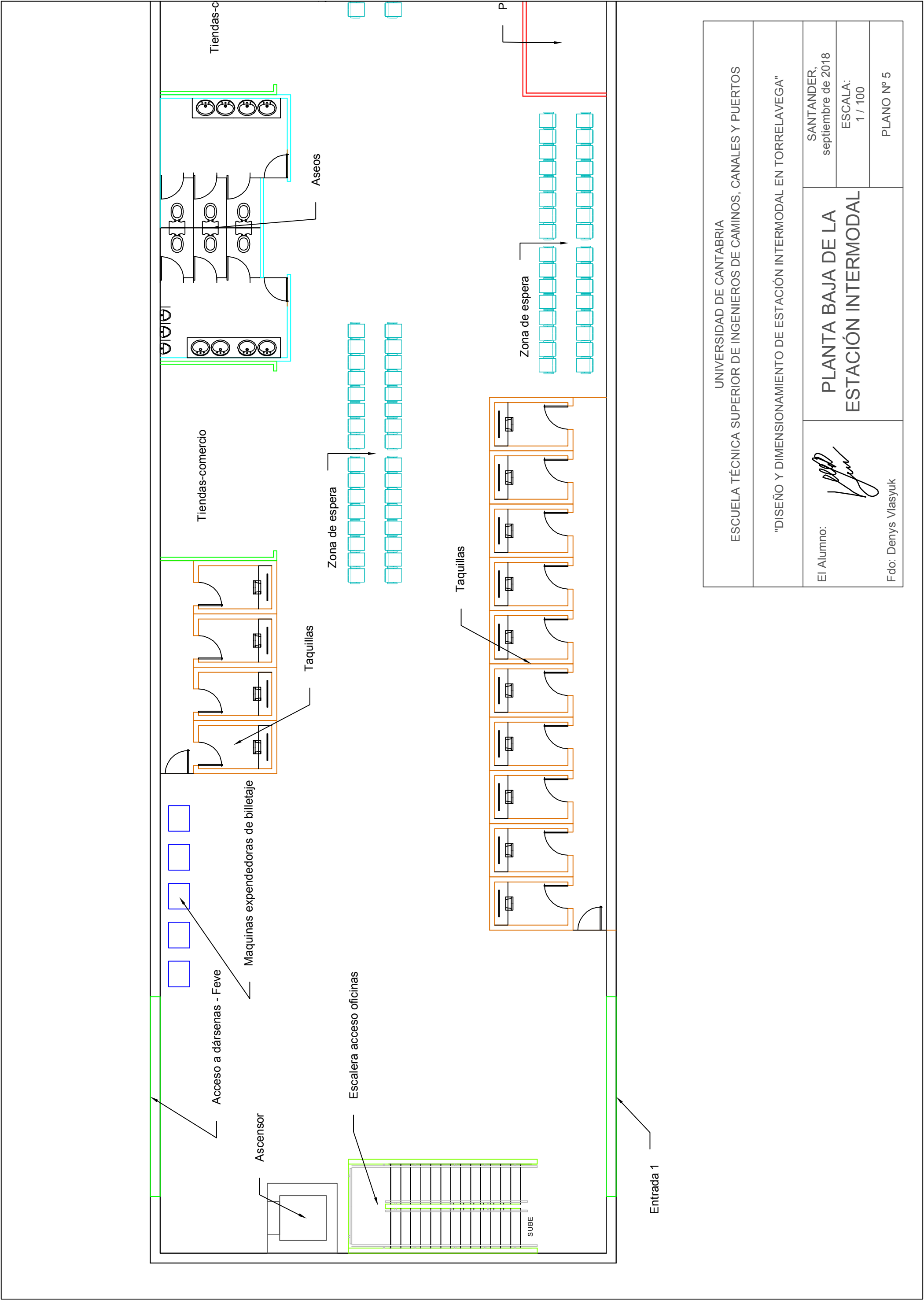
PLANTA GENERAL DEL EXTERIOR DE LA ESTACIÓN

ESCALA:
1 / 500

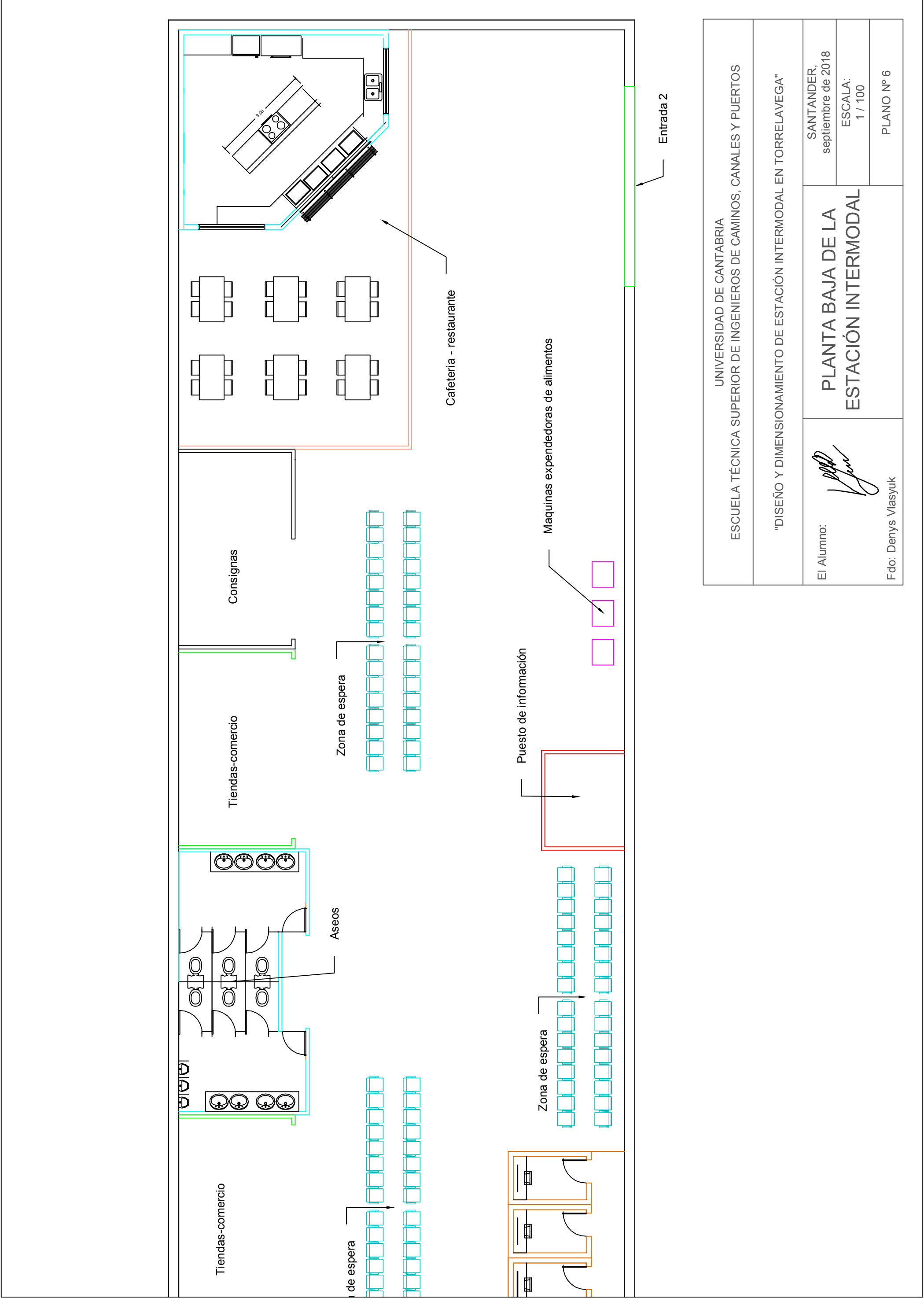
PLANO Nº 4




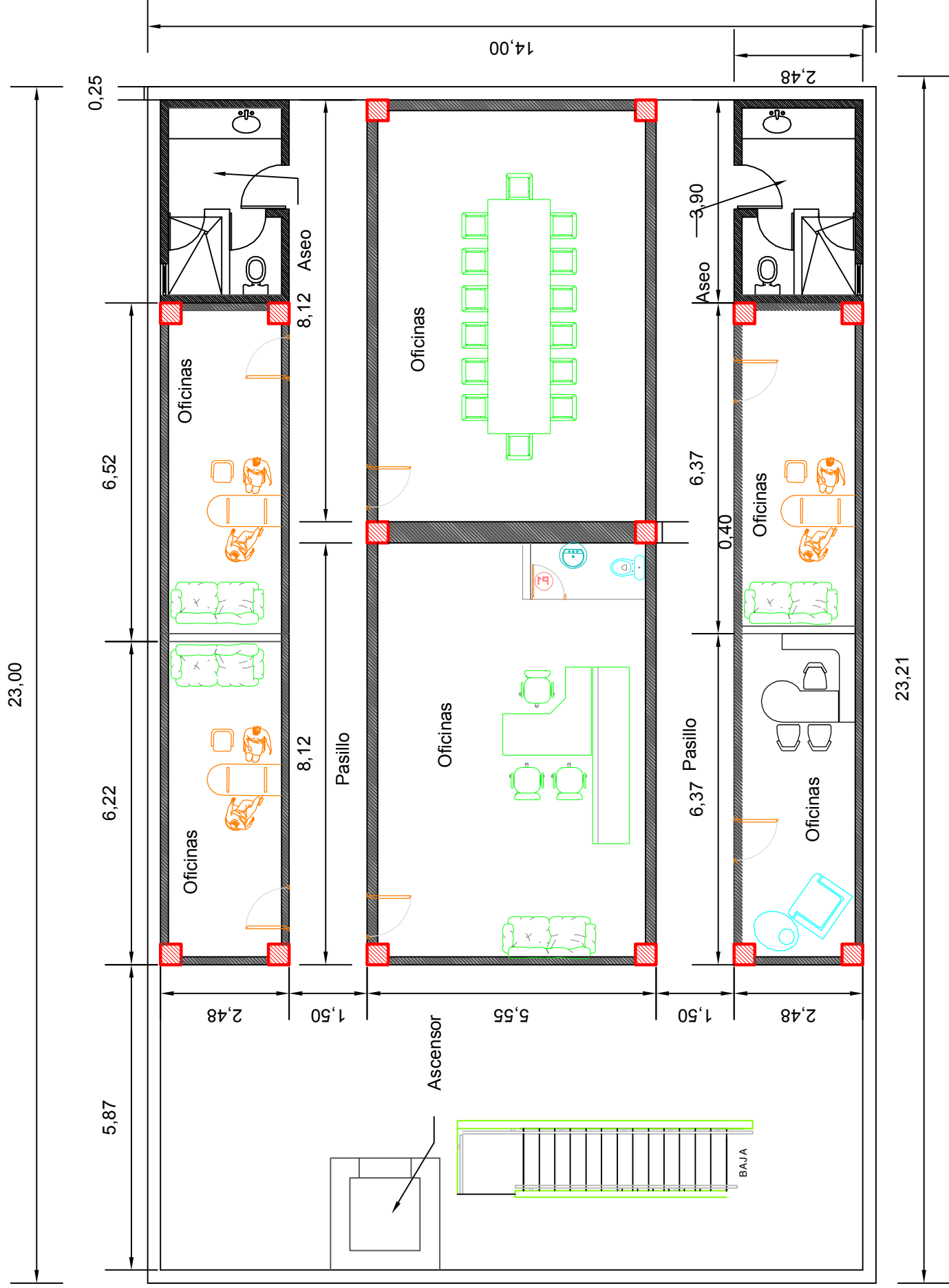
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS		
"DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ESTACI3N INTERMODAL EN TORRELAVEGA"		
El Alumno:	PLANTA GENERAL DE LA PLANTA DE OFICINAS DE LA ESTACI3N	SANTANDER, septiembre de 2018
		ESCALA: 1 / 200
Fdo: Denys Vlasjuk		PLANO N 4



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS		
"DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ESTACIÓN INTERMODAL EN TORREAVEGA"		
El Alumno:	PLANTA BAJA DE LA ESTACIÓN INTERMODAL	
Fdo: Denys Vlasjuk		SANTANDER, septiembre de 2018
		ESCALA: 1 / 100
		PLANO Nº 5



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS		
"DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ESTACIÓN INTERMODAL EN TORREAVEGA"		
El Alumno: 	SANTANDER, septiembre de 2018	
	ESCALA: 1 / 100	
	PLANO Nº 6	



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		SANTANDER, septiembre de 2018	
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS		ESCALA: 1 / 100	
"DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ESTACIÓN INTERMODAL EN TORRELAVEGA"		PLANO Nº 7	
El Alumno: 		PLANTA GENERAL DE LA PLANTA DE OFICINAS DE LA ESTACIÓN	
Fdo: Denys Vlasnyuk			

4,00
1,00 1,00 1,00
0,25 0,25 0,25 0,25

Escalera
mecánica

Escalera
convencional

12,46

2.90
0.60

Zona de espera

Zona de seguridad

8.07

58.00

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS		
"DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ESTACIÓN INTERMODAL EN TORRELAVEGA"		
El Alumno:	PLANTA GENERAL DE LA ESTACIÓN FERROVIARIA	
SANTANDER, septiembre de 2018		ESCALA: 1 / 200
Fdo: Denys Vlasjuk		PLANO Nº 8




UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS		
"DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ESTACIÓN INTERMODAL EN TORRELAVEGA"		
El Alumno:	ALTERNATIVA 1	SANTANDER, septiembre de 2018
		ESCALA: 1 / 1000
		PLANO Nº 9
Fdo: Denys Vlasnyuk		



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		SANTANDER, septiembre de 2018	
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS		ESCALA: 1 / 1000	
"DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ESTACIÓN INTERMODAL EN TORRELAVEGA"		ALTERNATIVA 2	
El Alumno:		Fdo: Denys Vlasyuk	



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		ALTERNATIVA 3	
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS			
"DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ESTACIÓN INTERMODAL EN TORRELAVEGA"		<div>El Alumno:</div> <div></div> <div>Fdo: Denys Vlasnyuk</div>	
		SANTANDER, septiembre de 2018	ESCALA: 1 / 1000
		PLANO Nº 11	